

## **Fragmentácia DNA a geneticky modifikované potraviny**

MIROSLAVA KRETOVÁ - GABRIEL KOLLÁROVIČ - PETER SIEKEL

**SÚHRN.** Zber, skladovanie a mechanické spracovanie surovín, technologické postupy výroby potravín a krmív, ich tepelné úpravy a nízke pH spôsobujú fragmentáciu prítomnej DNA. Príjem, začlenenie a expresia cudzorodých génov z prostredia do genómu nepříbuzných organizmov, tzv. horizontálny prenos génov, môže predstavovať významné riziko pre bezpečné využívanie geneticky modifikovaných organizmov v potravinách a krmivách. Kľúčovým faktorom ovplyvňujúcim možný prenos génov je celistvosť DNA v prijatej potrave a jej následná dostupnosť v prostredí. DNA v spracovaných potravinách a krmivách je významne fragmentovaná.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** potraviny; krmivá; fragmentácia DNA; technologické spracovanie; transgénna DNA

Využívanie transgénnych organizmov a iných moderných biotechnologických postupov v medicíne a vo farmaceutickom priemysle, napr. na produkciu inzulínu, rastového hormónu, monoklonálnych protilátok, či diagnostík je verejnosťou veľmi dobre akceptované, ale v prípade potravín to tak nie je.

Pri geneticky modifikovaných potravinách (GM potraviny) sa uvažuje o vzniku nových typov alergénov, či o možnom prenose markerových génov antibiotikovej rezistencie na iné organizmy [1-3]. Komisia EÚ v správe z roku 1999 uvádza, že výsledky výskumu v oblasti bezpečnosti dovtedy schválených GM rastlín a produktov z nich, nepredstavujú žiadne riziko pre zdravie spotrebiteľov a ani pre životné prostredie [4]. Napriek tomu, vo verejnosti neustále vznikajú obavy z možných, viac či menej nepredvídateľných dopadov z používania GMO.

---

RNDr. Miroslava KRETOVÁ, Mgr. Gabriel KOLLÁROVIČ, RNDr. Peter SIEKEL, CSc.,  
Výskumný ústav potravinársky, Priemyselná 4, 824 75 Bratislava 26.  
Korešpondujúci autor: RNDr. Peter SIEKEL, CSc., e-mail: peter.siekel@vup.sk

## **Štruktúra DNA v potravinách**

Nukleové kyseliny - DNA a RNA zložené z nukleotidov vytvárajú jedno- a dvojvláknové štruktúry. Tie sú v prípade DNA stabilizované v dvojitej závitnici zloženej z dvoch antiparalelných polynukleotidových reťazcov. Na ďalšej diverzifikácii DNA sa podieľajú procesy metylácie, hydroxylácie a glykozylácie. Metylácia DNA je odlišná u stavovcov, kde je metylovaných viac ako 50 % CpG dinukleotidov. Prokaryotická DNA je z väčšej časti tvorená štruktúrne funkčnými úsekmi, kým eukaryotická DNA je tvorená striedavo kódujúcimi a nekódujúcimi sekvenciami (exóny a intróny). Pri príprave rekombinantných organizmov (GMO) sa používa DNA, ktorá pochádza z rôznych organizmov, s rôznym spôsobom postreplicačnej úpravy, a preto je heterogénna. Napriek uvedeným odlišnostiam sú gény pochádzajúce z rôznych organizmov temer homologické, to znamená, že majú rovnakú funkciu a veľmi podobnú štruktúru.

## **Obsah DNA v potravinách**

Množstvo DNA nachádzajúce sa v jednotlivých druhoch potravín, ako aj v rôznych častiach toho istého organizmu je odlišné. Rastlinné zásobné orgány s menším počtom bunkových jadier, napr. semená, zrná a pod. majú menší obsah DNA (cca 1–3 mg.kg<sup>-1</sup>) ako majú zelené časti rastlín (14–20 mg.kg<sup>-1</sup>), kým jednobunkové organizmy, napr. kvasinky obsahujú viac ako 60 mg.kg<sup>-1</sup> DNA [5, 6].

Stupeň spracovania potravín vplyva na integritu DNA. Počas spracovania dochádza k fragmentácii DNA, pričom obsah DNA (vrátane nukleotidov) v potravinách nie je zväčša ovplyvnený. S určením množstva DNA v potravinách úzko súvisí aj jej extraktibilita. V závislosti od použitej metódy sú výťažky extrahovanej DNA v rozsahu 1–10 µg na 100 mg potraviny, v rajčiakových produktoch je to menej ako 1 µg na 100 mg. V priebehu niektorých typov spracovania potravín, napr. pri rafinácii olejov a purifikácii sacharózy je takmer všetka DNA odstránená [7, 8].

## **Stabilita DNA**

Vysoká stabilita DNA je za fyziologických podmienok jednou z významných vlastností, pretože DNA sprostredkuje zachovanie a prenos genetickej informácie. Prípadné chemické zmeny, lézie, ktoré v DNA vznikajú, sú

odstránené opravnými mechanizmami. Dvojitá závitnica DNA je pri vyššej teplote (60 až 90 °C) nestabilná. Podobne aj alkalickým pH (>12) dochádza k jej denaturácii na jednoreťazcové vlákna. Po znížení teploty opäťovne vznikajú vodíkové väzby, avšak môže dochádzať k strate jej natívnej konformácie. RNA je citlivejšia, ľahšie dochádza k hydrolýze a k poklesu jej obsahu.

Významnú úlohu ovplyvňujúcu stabilitu DNA zohrávajú matrice, v ktorých je obsiahnutá, napr. DNA adsorbovaná na ílovité materiály je stabilnejšia [9]. Je známe, že „obnažená“ DNA dokáže v pôde perzistovať niekoľko hodín až dní [10], vo výnimočných prípadoch niekoľko mesiacov [11]. Stabilita DNA je vo vysušených rastlinných bunkách veľmi vysoká, semená si môžu uchovať klíčivosť desiatky až stovky rokov. Stabilita DNA nie je rovnaká vo všetkých typoch potravinárskych matric. DNA nachádzajúca sa v živých bunkách štartovacích kultúr je chránená voči pôsobeniu hydrolytických enzýmov [12, 13].

K faktorom podieľajúcim sa na fragmentácii DNA patrí neionizujúce a ionizujúce žiarenie, napr. UV žiarenie môže vyvolať vznik pyrimidínových dimérov za vzniku cyklobutánových kruhov vedúcich k zlomu DNA. Depurinácia, spôsobená nízkym pH, chemickými činidlami a žiarením, je významným faktorom, ktorý pri PCR reakcii negatívne ovplyvňuje amplifikovateľnosť DNA. Inými činiteľmi, negatívne ovplyvňujúcimi amplifikovateľnosť DNA, sú inhibičné látky prítomné v potravinách.

Množstvo, integritu a funkčnosť DNA je možné experimentálne určiť. Najjednoduchšie je stanoviť obsah DNA spektrofotometricky, stanoviť veľkosť fragmentov pomocou agarózovej elektroforézy, a funkčnosť vyjadriť ako amplifikovateľnosť pomocou PCR. V prípade plazmidov je vhodnejšie vyjadriť ich funkčnosť a biologickú aktívnosť ako schopnosť transformovať kompetentné bakteriálne bunky.

## **Zber a skladovanie plodín**

Postupy zberu plodín, ich uskladnenie a následné technologické spracovanie surovín rastlinného a živočíšneho pôvodu ovplyvňujú celistvosť DNA v potravinách. Mechanické spracovanie surovín, tepelné úpravy a nízke pH spôsobujú fragmentáciu prítomnej DNA.

Obilniny sa zvyčajne zbierajú v stave zrelosti s nízkym obsahom vody, na vlhkosť potrebnú pre bežné skladovanie sa dosúšajú. V takomto stave je v nich obsiahnutá DNA stabilná. Na skladovanie krmív s vysokým obsahom vody sa používa senážovanie a silážovanie, teda uskladňovanie pri nízkom pH. Tieto produkty sa používajú na kŕmenie najmä prežúvavcov. V procese

silážovania dochádza k degradácii rozpustných sacharidov a proteínov za súčasného nárastu mikroflóry [14]. V silážovanej transgénej Bt kukurici nie je možné detegovať Cry1A(b) proteín [15]. Ukazuje sa, že DNA je menej degradovaná ako proteíny. DNA izolovaná z kukuričnej siláže nevykazovala prítomnosť nízkomolekulárnych degradačných produktov [16]. V rastlinných produktoch sušených vzduchom (napr. obilí, sene), či extrahovaných za miernych podmienok vodou (repné rezky) a aj v siláži zostávajú proteíny a DNA viac menej neporušené [16]. Stupeň poškodenia DNA v komerčne dostupných krmivách je znázornený v tab. 1 [17, 18].

### **Mechanické a chemické pôsobenie, teplota a chemická extrakcia**

Výsledky experimentov skúmajúcich dôsledky spracovania potravín na celistvosť DNA, nie sú jednoznačné. Krmivá a niektoré potraviny sú pri spracovaní vystavené pôsobeniu strižných síl a zvýšenej teplote, najmä počas peletovania, extrúzie a pod. Výrobné postupy sú optimalizované tak, aby sa čo možno najviac zachovala nutričná hodnota surovín. Z tohto pohľadu je významné uchovanie celistvosti najmä proteínov, ktoré prežívajú peletovanie pri 90 °C [19].

Drvenie, mletie, tepelné spracovanie a pôsobenie pary používané pri príprave krmív pôsobia na DNA rozdielne. Kým drvenie a mletie pšenice významne neovplyvňuje integritu DNA, jej molekulovú hmotnosť a kvalitu, teplota medzi 100–150 °C vedie k totálnej disrupcii DNA na úseky menšie ako 100 bp [16, 17].

V spracovaných produktoch, kukuričných vločkách a gluténe je DNA výrazne fragmentovaná. Vysokomolekulárna, biologicky aktívna DNA je prítomná v čerstvých kukuričných listoch, zrnách a v siláži. Amplifikácia génov RbcS1 a RbcS2 prebieha úspešne, PCR produkty majú veľkosť približne 600 bp [16].

Po vystavení suchých kukuričných zŕn suchej teplote 90 °C je zachovaná podstatná časť intaktnej DNA s veľkosťou viac ako 21kb. Ak sú však vystavené teplote 92 °C (počas 5; 10 a 15 min), dochádza k výraznej redukcii extrahovateľnej DNA a tiež k menej efektívnej tvorbe PCR produktov. Pri 5-minútovom pôsobení teploty 94 °C nie je možné získať žiadne PCR produkty [16]. Pôsobenie teploty vyššej ako 95 °C počas niekoľkých minút je postačujúce na výraznú degradáciu rastlinnej DNA. Výsledky experimentov založené na analýze veľkosti fragmentov DNA a na prežívaní špe-

TAB. 1. Stupeň poškodenia DNA v komerčne dostupných krmivách [17, 18].

TAB. 1. Degree of damage to DNA  
recovered from commercially available feed ingredients [17, 18].

Rastlinná komodita <sup>1</sup>	Počet skúmaných vzoriek <sup>2</sup>	Stupeň poškodenia DNA <sup>3</sup>
ľanové semeno <sup>4</sup>	5	intaktná <sup>15</sup>
ľanové výlisky <sup>5</sup>	2	degradovaná <sup>16</sup>
sója <sup>6</sup>	8	intaktná
sója extrahovaná <sup>7</sup>	7	degradovaná
kukurické zrná <sup>8</sup>	2	intaktné
krmná kukurica <sup>9</sup>	2	intaktná
kukurická siláž <sup>10</sup>	4	intaktná
kukuričný glutén <sup>11</sup>	2	degradovaná
repka olejná semená <sup>12</sup>	3	intaktná
repka extrahovaná <sup>13</sup>	3	degradovaná
repka výlisky <sup>14</sup>	3	degradovaná

Stupeň poškodenia DNA je vyjadrený ako veľkosť fragmentov DNA. Pri veľkosti fragmentov viac ako 20 kb sa DNA považuje za intaktnú, pri fragmentácii pod 100 bp sa DNA považuje za degradovanú.

The degree of damage to DNA is indicated as length of DNA fragments. DNA is considered to be intact, when the fragments are larger than 20 kb, and DNA is considered to be degraded when the fragments are smaller than 100 bp.

1 - plant commodity, 2 - number of examined samples, 3 - degree of DNA damage, 4 - linseed, 5 - linseed expelled, 6 - soya, 7 - soya extracted, 8 - maize kernel, 9 - forage maize, 10 - maize silage, 11 - maize gluten meal, 12 - rapeseed, 13 - rapeseed extracted, 14 - rapeseed expelled, 15 - intact, 16 - degraded.

cifických sekvencií viedli k záveru, že takto fragmentovaná DNA už nie je schopná prenášať genetickú informáciu [20].

Teplota varu použitá pri tepelnej úprave sójového mlieka neumožňuje amplifikovať produkt s veľkosťou 1719 bp, na druhej strane fragment DNA lektínového génu dlhý 714 bp je možné identifikovať ešte 14 dní pri teplote skladovania 8 °C a fragment s veľkosťou 414 bp je v sójových produktoch identifikovateľný dlhodobo [21].

V modelovom systéme zameranom na spracovanie potravín má pôsobenie vyššej teploty (65 °C) a nízkeho pH (4,0) aditívne účinky na plazmidovú kruhovú DNA (ccc, covalently closed circular), ako aj na rastlinnú DNA. Dôsledkom toho je nižšia efektivita amplifikácie dlhých fragmentov [22].

Mechanické rozrušenie zŕn (napr. repkových, slnečnicových, sójových) v spojení s chemickou extrakciou olejov spôsobuje vo výliskoch výraznú

fragmetáciu DNA. Podobne je DNA degradovaná v ľanových výliskoch, vysušených repných rezkoch, kým z čerstvého materiálu je možné izolovať intaktnú DNA [15]. Drsnejšie pôsobenie extrakcie za zvýšenej teploty a tlaku vedie k rozrušeniu celistvosti DNA [23, 24].

Technologické spracovanie semien repky olejnej zahŕňajúce chemickú extrakciu a opracovanie teplotou vyššou ako 95 °C degraduje prítomnú DNA v takom stupni, že autori pokladajú zachovanie intaktnej genetickej informácie za nemožné [25]. Pôsobenie teploty vyššej ako 105 °C umožňuje získať PCR produkty zo semien repky olejnej len vo veľkosti 194 bp a 248 bp [25]. V repkovom oleji zostávajú zachované menšie fragmenty vo veľkosti 350 bp [26].

Pri mokrom mletí kukurice je DNA značne fragmentovaná. Kým v mokrom gluténe a vo frakcii klíčkov je ešte možné amplifikovať gény kukurice, po ich usušení je DNA tak fragmentovaná, že to už možné nie je [27].

Kyslé prostredie spôsobuje depurináciu a vedie k zlomu vlákien DNA. Je známe, že mnohé potraviny, či už ovocie alebo zelenina, obsahujú organické kyseliny, resp. tieto vznikajú v procese ich konzervovania. Pôsobením silážnej tekutiny dochádza k značnej degradácii DNA. Po pridaní plazmidovej (pUC18) a chromozomálnej DNA kukurice k silážnej tekutine nie je možné elektroforeticky detegovať DNA už po 30 resp. 60 sekundách. V PCR experimentoch sa preukázalo, že *bla* sekvencie (fragmenty 350 bp a 684 bp) z chromozómu kukurice je možné detegovať ešte 30 minút po expozícii, kým plazmidovú DNA (350-bp *bla* fragment) len do 1 minúty po expozícii [28, 29]. BEVER a PHIPS [20] na druhej strane uvádzajú, že nie sú jasné dôkazy o tom, že silážna tekutina spôsobuje významnú disrupciu DNA.

### **Je fragmentácia transgénnej DNA odlišná?**

Preukázalo sa, že tepelne indukovaná fragmentácia rovnako zasahuje transgénnu DNA ako aj ktorúkoľvek inú oblasť DNA v genóme hostiteľa. S pomocou kompetitívnej PCR sa preukázal identický pokles amplifikovateľnosti 226-bp génu pre kukuričnú invertázu a 211-bp transgénny *cryIA(b)*. Obsah DNA meraný spektrofotometricky zostal nezmenený [30].

Na príklade modelovej polenty sa ukázalo, že pH významne urýchľuje tepelnú fragmentáciu DNA. Pri pH 2–3 je na degradáciu génu *cryIA(b)* veľkého 1914 bp potrebných 5 minút pri teplote varu. Pri dĺžke varu 10 minút je možné amplifikovať len fragment veľký 211 bp [31].

Pomocou PCR sa monitoroval postup degradácie DNA transgénnych štartovacích kultúr *Lactobacillus curvatus* v tepelne ošetrovaných fermentova-

ných výrobkoch. Počas skladovania dochádza k postupnej degradácii transgéennej DNA, je však identifikovateľná aj po 9 týždňoch. Tu treba podotknúť, že väčšina transgéennej DNA sa nachádzala v bunkách živých štartovacích kultúr a bola teda ochránená pred účinkami technologického opracovania. Okrem toho sa ukázalo, že mäsová matrica výrazne ochraňuje DNA voči pôsobeniu enzýmu DNázy I. Ani prítomnosť *Staphylococcus aureus* ( $>10^6$  KTJ.g<sup>-1</sup>) produkujúceho tepelne stabilnú nukleázu, ani podmienky skladovania salámy neovplyvnili detekciu transgéennej DNA [11].

Stabilitu DNA v siláži dokumentuje skutočnosť, že fragment génu *cryIA(b)* veľký 211 bp, ktorý je zodpovedný za produkciu Bt proteínu, je možné pomocou PCR detegovať ešte 7 mesiacov po silážovaní [32]. Podobne je možné amplifikovať z kukuričnej siláže aj chloroplastový gén rubisco SS [15]. Ani v ďalších experimentoch sa nepreukázali rozdiely v degradácii DNA z transgéenných a konvenčných plodín. Amplikón Bt kukurice veľký 1914 bp je v siláži možné preukázať maximálne do 5 dní, menšie fragmenty, 211 bp a 226 bp, aj viac ako 3 mesiace [32].

## Záver

DNA, rovnako pôvodná, ako aj transgéenna, je chemicky a metabolicky identická a má v organizme a v prírode rovnaký osud. Jediným zdrojom možného rizika je tá časť DNA, ktorá nebola v priebehu spracovania potravín a ich trávenia degradovaná. Technologické spracovanie, extrakcia a kuchynská úprava potravín môžu odstrániť alebo inaktivovať väčšinu DNA (vrátane transgéennej), a tak odstrániť resp. redukovat' riziko prenosu génov na iné organizmy.

Pre bezpečnosť potravín predstavujú omnoho vyššie riziko prirodzene sa vyskytujúce rezistentné kmene baktérií (tak patogénnych, ako aj nepatogénnych) ako tie baktérie, ktoré by teoreticky mohli získať gén rezistencie voči antibiotikám z GM rastlín. Na ilustráciu môže poslúžiť probiotický kmeň rodu *Lactobacillus*, ktorý je rezistentný voči vankomycínu. Zatiaľ nie je dôkaz o tom, že tento gén je prenosný na iné baktérie. V prípade, že by to tak bolo, pri prenose na patogénne baktérie počas pobytu v gastrointestinálnom trakte by takýto nový rezistentný patogén predstavoval významné zdravotné riziko.

Táto práca bola podporovaná štátnym podprogramom výskumu a vývoja „Potraviny - kvalita a bezpečnosť“ číslo 2003SP270280E010280E01 a Agentúrou na podporu vedy a techniky, APVT, Grant číslo 397865.



## Literatúra

1. HO, M. W.: Report on horizontal gene transfer. In: Articles on Bio-Engineered Foods [online]. Activist. Publikované 22. 3. 1999 [citované 19. 1. 2000].  
<<http://users.westnet.gr/~cgian/horizontal.htm>>
2. Greenpeace calls for immediate total ban on GMO food [online]. Amsterdam : Greenpeace International. Publikované 12. 2. 1999 [citované 9. 1. 2004].  
<<http://archive.greenpeace.org/pressreleases/geneng/1999feb12.html>>
3. CUMMINS, J.: Transgenic Fish Coming. In: ISIS Press Release 15/12/03. [online]. Londýn : The Institute of Science in Society. Publikované 15. 12. 2003 [citované 8. 1. 2004].  
<<http://www.i-sis.org.uk/TFC.php>>
4. GMO research in perspective. Report of a workshop held by External Advisory Groups of the „Quality of life and Management of Living Resources“ EU Fifth Framework Programme [online]. Publikované 1999 [citované 29.6.2004].  
<<http://europa.eu.int/comm/research/fp5/pdf/eag-gmo.pdf>>
5. HERBEL, W. - MONTAG, A.: Nucleo-compounds in protein rich food. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung, 185, 1987, s. 119-122.
6. LASSEK, E. - MONTAG, A.: Nucleic-acid components in carbohydrate-rich food. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung, 190, 1990, s. 17-21.
7. KLEIN, J. - ALTENBUCHER, J. - MATTES, R.: Nucleic acid and protein elimination during the sugar manufacturing process of conventional and transgenic sugar beets. Journal of Biotechnology, 60, 1998, s. 145-153.
8. PAULI, U. - LINIGER, M. - ZIMMERMANN, A. - SCHROTT, M. - SCHOUWEY, B.: Extraction and amplification of DNA from 55 foodstuffs. Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 91, 2000, s. 491-501.
9. ENGLAND, L. S. - HOLMES, S. B. - TREVORS, J. T.: Review: Persistence of viruses and DNA in soil. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 14, 1998, s. 163-169.
10. ROMANOVSKI, G. - LORENZ, M.G. - WACKERNAGEL, W.: Use of polymerase chain reaction and electroporation of *Escherichia coli* to monitor the persistence of extracellular plasmid DNA introduced into natural soils. Applied and Environmental Microbiology, 59, 1993, s. 3438-3446.
11. SMALA, K.: Horizontal gene transfer from transgenic plants into plant associated micro-organisms and soil microorganisms. In: Safety of transgenic crops. Environmental and agricultural considerations. Proceedings of the Basel Forum on Biosafety. Basel : BATS, Agency for Biosafety Research and Assessment of Technology Impacts of the Swiss Priority Programme Biotechnology, 1995, s. 29-34.
12. STRAUB, J. A. - HERTEL, C. - HAMMES, W. P.: The fate of recombinant DNA in thermally treated fermented sausages. European Food Research and Technology, 210, 1999, s. 62-67.
13. JONAS, D. A. - ELMADFA, I. - ENGEL, K. H. - HELLER, K. J. - KOZIANOVSKI, G. - KÖNIG, A. - MÜLLER, D. - NARBONNE, J. F. - WACKERNAGEL, W. - KLEINER, J.: Safety considerations of DNA in food. Annals of Nutrition and Metabolism, 45, 2001, s. 235-254.
14. FAIRBURN, R. - ALLI, I. - BAKER, B. E.: Proteolysis associated with ensiling of chopped alfalfa. Journal of Dairy Science, 71, 1988, s. 152-158.
15. FEARING, P. L. - BROWN, D. - VLACHOS, D. - MEGHJI, M. - PRIVALLE, L.: Quantitative analysis of CryIA(b) expression in Bt maize plants, tissues and silage and stability of expression over successive generations. Molecular Breeding, 3, 1997, s. 169-176.
16. CHITER, A. - FORBES, J. M. - BLAIR, G. E.: DNA stability in plant tissues: implications for the possible transfer of genes from genetically modified food. FEBS Letters, 481, 2000, s. 164-168.



17. FORBES, J. M. - BLAIR, G. E. - CHITER, A. - PERKS, S.: Effect of feed processing conditions on DNA fragmentation. In: Scientific Report No 376. London : Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 1998.
18. FORBES, J. M. - BLAIR, G. E. - CHITER, A. - PERKS, S.: Effect of feed processing conditions on DNA fragmentation. In: UK MAFF Report CS0116. London : Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 2000.
19. SAMARASINGHE, K. - MESSIKOMMER, R. - WENK, C.: Activity of supplemental enzymes and their effect on nutrient utilisation and growth performance of growing chickens as affected by pelleting temperature. *Archives of Animal Nutrition*, 53, 2000, s. 45-58.
20. BEEVER, D. E. - PHIPPS, R. H.: The fate of plant DNA and novel proteins in feeds for farm livestock: A United Kingdom perspective. *Journal of Animal Science*, 79, 2001, s. E290-295.
21. MEYER, R. - CHARDONNENS, F. - HUBNER, P. - LUTHY, J.: Polymerase chain reaction (PCR) in the quality and safety assurance of food: detection of soya in processed meat products. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung, A* 203, 1996, s. 339-344.
22. BAUER, T. - WELLER, P. - HAMMES, W. P. - HERTEL, C.: The effect of processing on the DNA degradation in Food. *European Food Research and Technology*, 217, 2003, s. 338-343.
23. SMITH, N. - DEAVILLE, E. R. - HAWES, W.: The effect of processing on DNA fragmentation in animal feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 12, 2003, s. 263-272.
24. KLEIN, J. - ALTENBUCHER, J. - MATTES, R.: Nucleic acid and protein elimination during the sugar manufacturing process of conventional and transgenic sugar beets. *Journal of biotechnology*, 60, 1998, s. 145-153.
25. BERGER, B. - AULRICH, K. - FLECK, G. - FLACHOWSKY, G.: Influence of processing of isogenic and transgenic rapeseed on DNA-degradation. *Proceedings of the Society Nutrition Physiology*, 12, 2003, s. 108-112.
26. HELLERBRANDT, M. - NAGY, M. - MÖRSEL, J. T.: Determination of DNA traces in rape seed oil. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung, A* 206, 1998, s. 237-242.
27. GAWIENOWSKI, M. C. - ECKHOFF, S. R. - YANG, P. - RAYAPATI, P. J. - BINDER, T. - BRISKIN, D. P.: Fate of maize DNA during steeping, wet-milling and processing. *Cereal Chemistry*, 76, 1999, s. 371-374.
28. DUGGAN, P. S. - CHAMBERS, P. A. - HERITAGE, J. - FORBES, J. M.: Survival of free DNA encoding antibiotic resistance from transgenic maize and the transformation activity of DNA in ovine saliva, ovine rumen fluid and silage effluent. *FEMS Microbiology Letters*, 191, 2000, s. 71-77.
29. DUGGAN, P. S. - CHAMBERS, P. A. - HERITAGE, J. - FORBES, J. M.: Fate of genetically modified maize DNA in the oral cavity and rumen of sheep. *British Journal of Nutrition*, 89, 2003, s. 159-166.
30. HUPFER, C. - HOTZEL, H. - SACHSE, K. - MOREANO, F. - ENGEL, K. H.: PCR-based quantitation of genetically modified Bt maize: singlecompetitive versus dual-competitive approach. *European Food Research and Technology*, 212, 2000, s. 95-99.
31. HUPFER, C. - HOTZEL, H. - SACHSE, K. - ENGEL, K. H.: Detection of the genetic modification in heat-treated products of Bt maize by polymerase chain reaction. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung, A* 206, 1998, s. 203-207.
32. HUPFER, C. - MAYER, J. - HOTZEL, H. - SACHSE, K. - ENGEL, K. H.: The effect of ensiling on PCR-based defection of genetically modified Bt maize. *European Food Research and Technology*, 209, 1999, s. 301-304.

Do redakcie došlo 23. 2. 2005.

### **DNA fragmentation and genetically modified foods**

KRETOVÁ, M. - KOLLÁROVIČ, G. - SIEKEL, P.: Bull. potrav. Výsk., 44, 2005, p. 17-26.

SUMMARY. Crop harvest, storage and mechanical processing, technological processing during food and feed production, thermal treatment and low pH cause fragmentation of DNA. Heterogenous gene intake from environment, gene integration and expression in the genome of unrelated organisms, so called horizontal gene transfer, may represent an important risk for a safe utilization of genetically modified organisms in food and feed. DNA integrity as well as its subsequent availability in the environment are key factors influencing the possible horizontal gene transfer. DNA in processed food and feed is significantly fragmented.

KEYWORDS: food; feed; DNA fragmentation; food processing; transgenic DNA