

**CHARLES UNIVERSITY IN PRAGUE**  
**Faculty of Science**  
**Department of Zoology**

**Ph.D. Study Program: Zoology**

## **Summary of the Ph.D. Thesis**



**Nutritional biology of synanthropic mites  
(Acari: Acaridida)**

**Tomáš Erban**

**Supervisor: Prof. RNDr. Jaroslav Smrž, CSc.**

Department of Zoology, Faculty of Science, Charles University in Prague,  
Viničná 1594/7, Praha 2, CZ-12844, Czechia

**Supervisor-consultant: Mgr. Jan Hubert, Ph.D.**

Department of Stored Pest Control and Food Safety, Crop Research Institute,  
Drnovská 507/73, Praha 6-Ruzyně, CZ-160106, Czechia

Prague, 2012

**ABSTRACT**

---

Several attempts to describe the nutritional biology of acaridid mites were undertaken, however full understanding of these processes remains incomplete. The objective of this Ph.D. thesis was to expand our knowledge concerning digestive physiology of stored product and house dust mites and to apply this knowledge to their nutritional biology. The research approach adopted in this Ph.D. thesis includes *in vitro* characterization of enzymatic activity in whole mite extracts (WME) and spent growth medium extracts (SGME), evaluation of the enzyme activities with respect to the gut physiological pH, enzyme inhibition experiments, *in vivo* localization of enzyme activities in the mite gut, determination of effects of nutrient or antifeedant additives in experimental diets on mite population growth and determination of the feeding preferences of synanthropic mites as assessed by *in vitro* and *in vivo* analyses. The gut contents of twelve species of synanthropic acaridid mites were determined to be within a pH range of 4 to 7 and showed a pH gradient from the anterior to the posterior midgut. The pH in digestive tract of synanthropic acaridid mites corresponds to the activity of proteases,  $\alpha$ -glucosidases,  $\alpha$ -amylases and bacteriolytic enzymes. The activity of these enzymes represents the major digestive activity in mites; however, different mite species vary in enzymatic activity. The house dust and stored product mites are capable of utilizing bacteria as a food source. They are also adapted to digest sucrose, starch-type substrates and proteins. *In vivo* enzymatic results showed that bacteria, starch and most of protein digestion were localized mainly in ventriculus and caeca; however, some enzyme activities were localized in posterior midgut. The enzymatic activity corresponds to the presence of food and the elevated enzymatic activity can affect the metabolic needs of mites. The findings also underline the importance of ecological interactions between mites and other microorganisms. Because the digestive enzymes present in mite feces are major human allergens, the medical and economic aspects of digestive enzymes are also discussed. The results section of the Ph.D thesis comprises five peer-reviewed articles.

**Keywords:** digestion, enzyme, inhibitor, allergen, mite

## 1. INTRODUCTION

---

Synanthropic acaridid mite species are usually classified into two artificial groups: (1) house dust mites (HDMs) and (2) stored product mites (SPMs). Both groups are also known as “domestic mites” (Hughes 1976, Colloff 2009, Colloff & Spieksma 1992). It is believed that these synanthropic acaridid mites are derived from an ancestral fungivorous mite that originally inhabited the soil and migrated into human habitats from the nests of birds and mammals during the Neolithic revolution (OConnor 1979, OConnor 1982). It is also believed that Acaridida originated within the Oribatida (Dabert *et al.* 2010) and that the sheep scab mite *Psoroptes ovis* is an ancestor of *Dermatophagoides* spp. (Hamilton *et al.* 2003). Therefore, we can apply knowledge concerning the nutritional biology and digestive enzymes of related mites to understand the biology of the stored product and house dust species.

Many digestive adaptations of mites are based on the structure of the mite feeding “apparatus” and digestive enzymes (Schuster 1956, Luxton 1972, Akimov 1985). Mites, like other animals, are equipped with numerous enzymes to digest food. House dust and stored product mites have developed a diversity of enzymes, including carbohydrases, proteases, phosphatases and lipases/esterases needed to digest the different types of food found in their habitats. The presence and activity of digestive enzymes is an important determinant of the feeding ability of mites (Luxton 1972, Akimov & Barabanova 1976, Akimov & Barabanova 1978, Akimov 1985, Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993, Robinson *et al.* 1997). The pH of the gut contents is considered the most important factors that affects digestive processes. The pH in the gut is important for the activity of digestive enzymes and there is a close relationship between gut pH and the pH optima of digestive enzymes (Terra *et al.* 1996, Funke *et al.* 2008).

The digestive capabilities of the mite gut are derived from the nutritional biology of synanthropic acaridid mites. The Ph.D. thesis discusses the medical and economic importance of these enzymes. The results and discussion section is composed of five published peer-reviewed papers. The findings are applied to the nutritional biology of synanthropic acaridid mites.

## 2. AIMS OF THE Ph.D. THESIS

---

The goal of this Ph.D. thesis is to expand our knowledge concerning digestive enzymes of synanthropic acaridid mites and to apply this knowledge to their nutritional biology.

Specific Aims:

- a) Determine the pH in the gut of stored product and house dust mites.
- b) Characterize enzymatic activity in whole mite extracts (WME) and spent growth medium extracts (SGME).
- c) Localize enzymatic activity in the mite gut.
- d) Determine the effects of nutrient and/or antifeedant additives in experimental diets on mite population growth.
- e) Determine the feeding preferences of house dust and stored product mites as assessed by *in vitro* and *in vivo* analyses.

### 3. METHODS

---

The research approach adopted in this Ph.D. thesis includes *in vitro* characterization of enzymatic activity in whole mite extracts (WME) and spent growth medium extracts (SGME), evaluation of the enzyme activities with respect to the gut physiological pH, enzyme inhibition experiments, *in vivo* localization of enzyme activities in the mite gut, determination of effects of nutrient or antifeedant additives in experimental diets on mite population growth and determination of the feeding preferences of synanthropic mites as assessed by *in vitro* and *in vivo* analyses.

### 4. RESULTS

---

#### a. Determination of pH in the Midgut of Acaridid Mites

The gut contents of acaridid mites were determined to be within a pH range of 4 to 7 and showed a pH gradient from the anterior to the posterior portion. The ventriculus and caeca of most species has a pH ranging from 4.5 to 5, or slightly more alkaline, whereas the intercolon/colon has a pH of 5 to 6. The pH of the postcolon is the most alkaline part of the gut and the pH ranges between 5.5 and 7. Significant differences were found only in *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus*, which had a more acidic anterior midgut (pH of 4 to 5) and colon (pH of 5) with postcolon (pH of below 6). Thus, the dust mites were most distinctive with respect to their acidobasic gut conditions. It is hypothesized that the more acid buffering in the gut of *Dermatophagoides* spp. explains why these mites prefer a different food source than do the mites, which predominate in stored products. Studies of digestive enzymes should take into account the physiological gut pH. This condition is crucial for enzymatic activity, as determined from the mite feces, which is commonly used as the source of digestive enzymes of mites.

**Erban, T., and J. Hubert. 2010. Determination of pH in regions of the midguts of acaridid mites. *Journal of Insect Science* 10:42.**

#### b. Bacteria as a Food Source for Synanthropic Acaridid Mites

Bacteriolytic (lysozyme-like) activity was detected in whole mite extracts (WME) and in spent growth medium extracts (SGME) of 14 species of synanthropic acaridid mites. The highest activity of digestive bacteriolytic activity was found in *Lepidoglyphus destructor*, *Chortoglyphus arcuatus* and *D. farinae*. The optimal pH of bacteriolytic activity was 4.5 in SGME for the majority of the species tested and the absence of bacteriolytic activity at pH levels above 7.0 suggests a digestive rather than defensive function of the enzymes. Eight species showed a higher rate of population growth on a *Micrococcus lysodeikticus* diet than on a control diet. The adaptation of the mites to digest bacteria was based on: (i) high enzyme activity in SGME, and (ii) the correlation of maximal bacteriolytic activity at acidic pH values, which are the acidobasic conditions in the ventriculus and caeca. Bacteriolytic activity in SGME was positively correlated with the standardized rate ( $r_s$ ) of population growth, although no correlation was found between  $r_s$  and lysozyme activity in WME. The bacteriolytic activity in WME was negatively correlated with that in SGME. All of these findings indicate that bacteriolysis in acaridid mites serves both defensive and digestive functions.

We showed that the *in vivo* digestion of fluorescein-labeled *M. lysodeikticus* cells began in the ventriculus and continued during the passage of a food bolus through the gut. These results demonstrate that mites are able to feed on bacteria and are equipped with enzymes that can digest and/or protect the mites from bacteria.

**Erban, T., and J. Hubert.** 2008. Digestive function of lysozyme in synanthropic acaridid mites enables utilization of bacteria as a food source. *Experimental and Applied Acarology* 44: 199-212.

#### c. The Importance of Starch and Sucrose Digestion in Nutritive Biology of Synanthropic Acaridid Mites

The optimal pH for the digestion of starch, maltose and sucrose in the WME and SGME of nine species of synanthropic acaridid mites ranged from pH 4 to 6.75, with maximal activity at pH 5 and correspond to the acidobasic conditions in the anterior midgut. The equivalent release of glucose from four types of starch, amylopectin, dextrin, maltose and sucrose by hydrolysis of WME and SGME indicated that the enzymes digesting these substrates are produced in the anterior midgut, not in the tissues of mites. The species with higher starch hydrolytic activities in the SGME are more tolerant to acarbose, which inhibits starch digestion. In addition, the high specific hydrolytic activities of  $\alpha$ -amylases and maltase demonstrated the importance of their synergetic activity in producing glucose from the starch. The stored product mites *Acarus siro*, *Aleuroglyphus ovatus*, *Tyborus lini* and *L. destructor* exhibit elevated starch digestive activity and are associated with starch-type substrates. On other hand, *D. farinae*, *C. arcuatus* and *Sancassania rodionovi* (syn. *Caloglyphus redickorzevi*) are associated with sucrose and *Tyrophagus putrescentiae* and *Carpoglyphus lactis* have low or intermediate enzymatic activity on the starch-type substrates and sucrose. Starch digestion was localized by *in vivo* observation of starch azure digestion and the primary component of starch digestion was in the ventriculus and caeca; however, digestion also occurs in the colon and postcolon. Only *D. farinae* showed very poor activity towards starch azure as determined by *in vivo* observations. Bioteats on starch additive diets showed accelerated growth of species enzyme associated with the starch-type substrates. On other hand, the biotest did not confirm that sucrose is a suitable addition to diets for population growth; however, surprisingly, it was partially suppressed. Therefore, we concluded that the sucrose additive in the diets was available for microbial growth, and high microbial growth could suppress mite growth.

**Erban, T., M. Erbanova, M. Nesvorna, and J. Hubert.** 2009. The importance of starch and sucrose digestion in the nutritive biology of synanthropic acaridid mites: alpha-amylases and alpha-glucosidases are suitable targets for inhibitor-based strategies of mite control. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 71: 139-158.

#### d. Comparative Analysis of Proteolytic Activities in Seven Species of Synanthropic Acaridid Mites

Microplate assays were optimized to screen proteolytic activity in acaridid mites using seven p-nitroaniline-bound specific substrates and azocasein, azoalbumin, keratin azure, azocol and elastin orcein. Proteolytic activity was observed in each mite species with every substrate tested. Whole mite extracts from seven species of acaridid mites exhibited non-specific proteolytic activity in a pH

range of pH 2 to 12. We found that proteolysis of crude mite homogenates was optimal under conditions corresponding to pH 3, 5 to 6 and pH 10. Further analysis at pH 3, 5, 6 and 10 showed differences among specific and non-specific substrates and among the different mite species. The difference in enzymatic activity of the species at pH 6 and at pH 5 using azocasein and azoalbumin as substrates was not explained. Proteolytic activity using BA<sub>n</sub>NA, SAAPFpNA, SA<sub>3</sub>pNA, ZRRpNA and MAAPMpNA substrates was highest in an alkaline pH, indicating the presence of appropriate proteolytic enzymes in mite tissues. In contrast, AAPpNA and ArgpNA activity was greatest at pH 6, which corresponds to the pH found in the mite gut. Proteolytic activity that corresponded to the pH in mite gut was also observed using MAAPMpNA. This activity likely corresponded to the Grp 9 mite allergen, which may represent the primary digestive enzyme. Observed proteolytic activity at a pH of 3 indicated the presence of aspartate proteases, which are probably limited to the acid lysosomes. The enzymatic profile of each tested species using SA<sub>3</sub>pNA and ZRRpNA was the same and very similar to the activity measured using BA<sub>n</sub>NA, indicating the possible interaction between different proteases.

The combination of measured proteolytic activities and biotests in this study showed no remarkable correlation. Some influences of protein addition into the diets were observed in *T. putrescentiae* and *A. siro*, which showed only intermediate protease activities, but the effect on population increase was very low.

Because collagen and keratin are digested with a poor efficiency at the pH found in the midgut, we suggest that the substrates do not represent important direct sources of energy for mites. On the contrary, effective utilization of nutrients from skin, hair, nails and feathers by mites is possible through the symbiotic interactions of mites with bacteria and microscopic fungi, which serve as a food source for mites. Thus, microphagy seems to be more a favorable feeding strategy for mites than feeding on skin, hair, nails or feathers.

**Erban, T.** and J. Hubert. 2010. Comparative analyses of proteolytic activities in seven species of synanthropic acaridid mites. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 75: 187-206.

#### e. Localization of Proteolytic Activities in Mite Gut

The protease activity was successfully localized using chromogenic substrates (azoalbumin, AAPpNA, SAAPFpNA, elastin-orcein, SA<sub>3</sub>pNA, ZRRpNA, ArgpNA, and MAAPMpNA) and fluorescent substrates (casein-fluorescein, albumin-fluorescein, AAPAMC, BAAMC, ZRRAMC, ArgAMC, and AGPPPAMC). The results indicate that cathepsins B, D, G and cathepsin H or aminopeptidase-like activities are present in the midgut of *L. destructor*. In the midgut, trypsin-like activity generated by hydrolysis of the BA<sub>n</sub>NA substrate was not observed, but the BAAMC substrate allowed the visualization of trypsin-like activity in food boli in the posterior midgut. The elastase-like activity was localized in gut of *L. destructor* using SA<sub>3</sub>pNA and elastin-orcein. However no activity was detected using the keratin azure. The *in vivo* visualized enzymatic activity supported the previous *in vitro* analysis that the chymotrypsin-like activity represents important part of protease action in the mites. The presence of *in vivo* hydrolysis of both ZRRAMC and ZRRpNA in the whole gut indicated that digestion of this substrate begins in foregut. However, localization of the cysteine proteases is problematic using the available cysteine substrates ZRRpNA and ZRRAMC, because of their specificity not only to cathepsin B, but also to trypsin. The fluorescence liberated

from AGPPPAMC was observed in the whole midgut of *L. destructor* suggesting possible aspartate protease activity. All protease activities mentioned are produced in the midgut lumen and form the food bolus together with ingested food, afterward passing through the gut to be defecated. The method used enables the visualization of protease activities in the gut of transparent animals.

**Erban, T., and J. Hubert.** 2011. Visualization of protein digestion in the midgut of the acarid mite *Lepidoglyphus destructor*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 78: 74-86.

## 5. DISCUSSION

---

The results of this Ph.D. thesis showed that stored product and house dust mites are able to feed on plant and animal material and on microflora. Therefore, these mites are panphytophagous species based on Luxton's classification (Luxton 1972). The feeding guilds described by Siepel and de Ruiter-Dijkman (1993) and Berg *et al.* (2004) are based on the enzymatic activities of chitinase, trehalase and cellulase (Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993, Berg *et al.* 2004). Previous classifications into feeding guilds were also based on enzymatic activities that were probably digestive (Schuster 1956, Luxton 1972). Here it is suggested that defining feeding guilds based only on the presence or absence of enzymatic activity in the crude extract is too simplistic, may lead to discrepancies and may not correctly determine feeding guilds.

Based on the results in this Ph.D. thesis, I conclude that stored product mites often found in stored grain, such as *A. siro*, *A. ovatus*, *L. destructor* and *T. lini*, are enzymatically best adapted for the digestion of starch-rich substrates. However, these mites also have higher activity of other enzymes, such as proteases. In particular, *L. destructor* is a species with an extremely high enzymatic activity with respect to every enzyme studied. On the other hand, *D. farinae* showed very low enzymatic activity with the exception of bacteriolytic activity. It was suggested that *D. farinae* is a species that is well adapted to the digestion of proteins and keratin; however, the results showed that this mite has poor relative proteolytic activity in comparison to the stored product species tested. This conflicts with the supposedly high proteolytic and keratinolytic activity of house dust mites. *C. lactis* is a species that infests materials with high sugar content, especially dried fruit (Hubert *et al.* 2011). Therefore, this mite should have high saccharase activity. However, *C. lactis* exhibited only intermediate activity on sucrose.

Why do different species of mites have different enzymatic activity? This may be due to differences in nutritional needs among different species. Therefore, very low protease and starch hydrolysis activity in *D. farinae* may correspond to a lesser nutritional need; this may also be true for *C. lactis*, which has low saccharase activity. These enzymatic activities could correspond to the degree of mite mobility (personal observation). Therefore, the level of enzymatic activity may or may not correlate with the preferred food source but, rather, may be due to nutritional needs. This factor also corresponds with mite population growth.

The bacteriolytic activity observed in *D. farinae* showed that this mite has adapted to digest bacteria. On other hand, similar species, such as *D. pteronyssinus*, have a lesser degree of adaptation to feed on bacteria. However, these two *Dermatophagoides* species are not identical, even though they live in the same habitat and in mixed populations. Previously was suggested a higher degree of bacteriophagy in *D. farinae* than in *D. pteronyssinus* by Valerio *et al.* (2005).

It appears that, although *D. farinae* has low proteolytic activity, it is able to digest bacteria with higher efficiency. It is probable that house dust mites tend to rely on microphagy more than the other species. A similar situation is suggested for *P. ovis*, which is most likely an ancestor of *Dermatophagoides* spp. (Hamilton *et al.* 2003). In addition, it could be stated that *D. farinae* is the most unique mite of the species studied, not only in relation to its gut acidobasic properties and proteolytic activity, but also for its high degree of bacteriophagy.

The organization of animals into feeding guilds should be based on habitat. Siepel & de Ruiter-Dijkman (1993) claimed that in the laboratory environment where food is plentiful, there is no need for selective efficiency and species will likely feed on the components easiest to digest (cell contents). Therefore, it is not surprising that species reared in the laboratory even on algae are found to digest fungi in the field (Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993). The biotests performed in this Ph.D. thesis were based on the enrichment of dietary substrates that are a target for appropriate digestive enzymes. From these results, biotests, and enzyme analyses it appears that a favorable digestive method or, in some environments, the essential digestive strategy for the synanthropic acaridid mites is microphagy (i.e. bacteriophagy and mycophagy). Mites are able to feed on many types of food stored for human consumption as a direct food source and also through symbiotic interactions. Mite populations increased rapidly with the addition of bacteria to the diet. Thus, bacteria offer an even higher nutrient benefit than does complex food, which is used in laboratory cultures, or food enriched in starch, sucrose or protein.

## 6. CONCLUSIONS

---

- A wide range of the enzymatic activities were characterized for up to 14 synanthropic acaridid mite species. These *in vitro* enzymatic results are supported by biotests and by the *in vivo* observation of enzymatic activity in the mite gut.
- The acidobasic properties of the gut of 12 different species were determined. The gut contents of acaridid mites were determined to be within a pH range of 4 to 7. Enzymatic activity outside of this pH range is not considered to be related to digestion in the gut.
- Stored product mites are able to feed on bacteria and are equipped with enzymes that can digest and/or protect the mites from bacteria. The interaction of house dust and stored product mites with bacteria is more important than previously suggested.
- Examination of starch and sucrose digestion in the nutritive biology of synanthropic acaridid mites showed that the mite gut is equipped with enzymes that digest these saccharides. All the mites utilize starch and sucrose as a source of nutrients.
- Our results suggest that the primary mite digestive proteases are chymotrypsin-like proteases and aminopeptidases. It was surprising that a low relative enzymatic activity corresponded to trypsin and cysteine proteases.
- The low level of collagen and keratin digestion of substrates at the mite midgut pH suggests that keratin and collagen are not so important direct sources of nutrients. Thus, the effective utilization of nutrients from skin, hair, nails and feathers by mites is possible through the symbiotic interactions of mites with keratinolytic and collagenolytic bacteria and fungi.
- Microphagy is a favorable digestive strategy for mites living in environments where they feed on the skin, hair, nails and feathers from humans and animals.

- *Dermatophagoides* spp. and *L. destructor* were the most unique mites tested. The different enzymatic properties of *Dermatophagoides* spp. are probably due to environmental constraints. *L. destructor* has a uniquely high activity of digestive enzymes, which was several-fold higher than in the other species tested.
- Interestingly, the differences between *D. farinae* and *D. pteronyssinus* in standardized rate of population increase on bacteria-enriched diet and bacteriolytic activity in SGME showed the various degree of bacteriophagy of these two species.
- Our results showed that typical stored product mites, which are often found in cereals, exhibit higher enzymatic activity than house dust mites. This may be dependent not only on the food preference, but also on the metabolic demands of the species. In particular, *L. destructor* is a very active mite; therefore, its extremely high enzymatic activity may be result of high nutritional demand.
- Amylolytic, bacteriolytic, non-specific and specific protease activity was localized to the midgut of the mites *in vivo*.
- The analysis of digestive enzymes in mites is applicable to their nutritional biology, with some limitations.
- It is not possible to reliably characterize feeding guilds based only on enzymatic activity. Nevertheless, in accordance with the feeding classifications of Luxton (1972), the synanthropic acaridid mites are best classified as panphytophagous species. Because stored product and house dust mites are believed to have originated within the Oribatida, the ancestral stored product and house dust mite may be similar to panphytophagous oribatid mites.

## 7. REFERENCES

---

- Akimov, I. A. 1985. [Biological foundations of harmfulness of acaroid mites]. Naukova Dumka, Kiev. (in Russian)
- Akimov, I. A., and V. V. Barabanova. 1976. [Digestive enzymes of some acaroid mites]. *Dopovid Akademiyi Nauk Ukrayins'koyi RSR, Seriya B - Heolohichni, Khimichni ta Biolohichni Nauky*, No. 6: 547-549. (in Ukrainian)
- Akimov, I. A., and V. V. Barabanova. 1978. [Effect of feeding characteristics of mites (Acaroidea) on activity of some of their digestive enzymes]. *Soviet Journal of Ecology (Ekologiya)* 9: 27-31. (in Russian)
- Berg, M. P., M. Stoffer, and H. H. van den Heuvel. 2004. Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Pedobiologia* 48: 589-601.
- Colloff, M. J. 2009. Dust mites. CSIRO Publishing, Collingwood, Melbourne.
- Colloff, M. J., and F. T. Spieksma. 1992. Pictorial keys for the identification of domestic mites. *Clinical and Experimental Allergy* 22: 823-830.
- Dabert, M., W. Witalinski, A. Kazmierski, Z. Olszanowski, and J. Dabert. 2010. Molecular phylogeny of acariform mites (Acari, Arachnida): Strong conflict between phylogenetic signal and long-branch attraction artifacts. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56: 222-241.
- Funke, M., R. Buchler, V. Mahobia, A. Schneeberg, M. Ramm, and W. Boland. 2008. Rapid hydrolysis of quorum-sensing molecules in the gut of lepidopteran larvae. *ChemBioChem* 9: 1953-1959.

- Hamilton, K. A., A. J. Nisbet, M. J. Lehane, M. A. Taylor, and P. F. Billingsley. 2003. A physiological and biochemical model for digestion in the ectoparasitic mite, *Psoroptes ovis* (Acar: Psoroptidae). *International Journal of Parasitology* 33: 773-785.
- Hubert, J., T. Erban, M. Nesvorna, and V. Stejskal. 2011. Emerging risk of infestation and contamination of dried fruits by mites in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* 28: 1129-1135.
- Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. *Technical bulletin edition*. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Luxton, M. 1972. Studies on the oribatid mites of Danish beech wood soil. *Pedobiologia* 12: 434-463.
- OConnor, B. M. 1979. Evolutionary origins of astigmatid mites inhabiting stored products. *Recent Advances in Acarology* I: 273-278.
- OConnor, B. M. 1982. Evolutionary ecology of astigmatid mites. *Annual Review of Entomology* 27: 385-409.
- Robinson, C., N. A. Kalsheker, N. Srinivasan, C. M. King, D. R. Garrod, P. J. Thompson, and G. A. Stewart. 1997. On the potential significance of the enzymatic activity of mite allergens to immunogenicity. Clues to structure and function revealed by molecular characterization. *Clinical and Experimental Allergy* 27: 10-21.
- Schuster, R. 1956. Der Anteil der Oribatiden an der Zersetzungsvorgangen im Boden. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 45: 1-33.
- Siepel, H., and E. M. de Ruiter-Dijkman. 1993. Feeding guilds of oribatid mites Based on their carbohydrase activities. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1491-1497.
- Terra, W. R., C. Ferreira, and J. E. Baker. 1996. Compartmentalization of digestion. In: Lehane, M. J., and P. F. Billingsley (editors). *Biology of the Insect Midgut*. Chapman & Hall, London.
- Valerio, C. R., P. Murray, L. G. Arlian, and J. E. Slater. 2005. Bacterial 16S ribosomal DNA in house dust mite cultures. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 116: 1296-1300.

## 8. AUTHOR'S CURRICULUM VITAE

---

**Name:** Tomáš Erban

**Position:** research scientist

**Date of Birth:** 23<sup>th</sup> July 1978

**Place of Birth:** Písek, Czechia

**Employer Address:** Crop Research Institute, Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Czechia

**Employment:** since 2008 Crop Research Institute  
since 2011 Medical Center Prague

**Education:** 2006 Master of Sciences – Main Study Programme: Chemistry/ Subject of Qualification: Teaching of Chemistry and Biology for Secondary Schools, Faculty of Sciences, Charles University in Prague

**International Activities:**

- Section Editor of SOAJ of Entomological Studies

- Member of Management Committee COST FA0701 (since 2008) – Insect Symbiosis - From Fundamental Studies to Pest and Disease Management
- Member of Management Committee COST FA0803 (since 2009) – Prevention of Honeybee Colony Losses (COLOSS)
- Member of COST CM0804 (since 2009) – Chemical Biology with Natural Products
- 2007, two months Short Term Scientific Mission (COST), CNR-ISPA, Lecce, Italy

### Tutoring Activity:

- 2009, two months tutorer of Cosimo Antonio di Presa (from CNR ISPA, Italy) in Frame of STSM na COST FA0701
- recent or past examiner of students from the Charles University in Prague, Faculty of Science; the Czech University of Life Sciences Prague; and the Institute of Chemical Technology Prague
- passed students degree – 4x Mgr, 3x Bc
- recently examiner of 4 students

### Memberships:

- ACS American Chemical Society
  - Agricultural & Food Chemistry Division (since 2009)
  - Analytical Chemistry Division (since 2009)
  - Biological Chemistry Division (since 2009)
  - Biochemical Technology Division (since 2009)

### Grants (principal investigator):

- OC09034 – Proteins of bacterial origin occurring in the gut of synanthropic mites (2009–2012)
- OC10019 – Chemical biology with inhibitors of digestive enzymes of mites: Searching of tools useful in suppression, detection and chemical biology of mites (Acari: Acaridida) (2010–2012)
- OC10016 – Study of physiology at the enzymatic level and searching of alternative substances useful in suppression of *Varroa destructor* (2010–2012)
- QI111A119 – Identification and causes of prevention of honeybee colony losses (2011–2014)

### Awards

- Prize of the Minister of Agriculture of the Czech Republic for young scientists for 2012, 3<sup>rd</sup> price award
- Best poster at the XIX<sup>th</sup> Slovak and Czech Plant Protection Conference (2012), 1<sup>st</sup> prize award

### Publications

#### *Publications (IF)*

1. **Erban, T.**, and J. Hubert. 2008. Digestive function of lysozyme in synanthropic acaridid mites enables utilization of bacteria as a food source. *Experimental and Applied Acarology* 44: 199–212.
2. **Erban, T.**, M. Erbanova, M. Nesvorna, and J. Hubert. 2009. The importance of starch and sucrose digestion in nutritive biology of synanthropic acaridid mites: alpha-Amylases and alpha-

glucosidases are suitable targets for inhibitor-based strategies of mite control. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 71: 139-158.

3. **Erban, T.**, M. Nesvorna, M. Erbanova, and J. Hubert. 2009. *Bacillus thuringiensis* var. tenebrionis control of synanthropic mites (Acaria: Acaridida) under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology* 49: 339-346.
4. **Erban, T.**, and J. Hubert. 2010. Determination of pH in regions of the midguts of acaridid mites. *Journal of Insect Science* 10:42.
5. **Erban, T.**, and J. Hubert. 2010. Comparative analyses of proteolytic activities in seven species of synanthropic acaridid mites. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 75: 187-206.
6. **Erban, T.**, V. Stejskal, I. Krizkova-Kudlikova, R. Aulicky, M. Nesvorna, and J. Hubert. 2010. The influence of environmental temperature and humidity on temporal decomposition of cockroach allergens Bla g 1 and Bla g 2 in feces. *Journal of Medical Entomology* 47: 1062-1070.
7. **Erban, T.**, and J. Hubert. 2010. Longterm persistence of *Blattella germanica* proteolytic activities in frass increases their allergenic hazard. *Medical and Veterinary Entomology* 25: 209-216.
8. Stara, J., **T. Erban**, and J. Hubert. 2010. The effect of chitin metabolic effectors on the population increase of stored product mites. *Experimental and Applied Acarology* 52: 155-167.
9. **Erban, T.** 2011. Purification of tropomyosin, paramyosin, actin, tubulin, troponin and kinases for chemiproteomics and its application to different scientific fields. *PLoS ONE* 6:e22860.
10. **Erban, T.**, and J. Hubert. 2011. Visualization of protein digestion in the midgut of the acarid mite *Lepidoglyphus destructor*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 78: 74-86.
11. Hubert, J., **T. Erban**, M. Nesvorna, and V. Stejskal. 2011. Emerging risk of infestation and contamination of dried fruits by mites in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 28: 1129-1135.
12. **Erban, T.**, J. Rybansky, and J. Hubert. 2012. The efficacy of four avermectins on the synanthropic mite *Lepidoglyphus destructor* under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology* 58: 43-50.
13. **Erban, T.**, P. Poltronieri, and J. Stara. 2012. A novel microplate-based HPLC-fluorescence assay for determination of NADPH-cytochrome P450 reductase activity. *Biomedical Chromatography* 26: 1062-1065.
14. Rahel, J., E. Jonasova, M. Nesvorna, R. Klubal, **T. Erban**, and J. Hubert. 2012. The toxic effect of metal-chitosan impregnated textile to synanthropic mites. *Pest Management Science*. (in press)

### **Book chapters**

Cimaglia, F., D. M. De Blasi, A. Santino, **T. Erban**, I. Krizkova-Kudlikova, J. Hubert, and P. Poltronieri. 2008. Protein chip applications. In: Frey, J., and F. Pasquier (editors). Action COST 853. *Agricultural biomarkers for array technology*. Official Publications Office of European Community (OPOCE), EU Bookshop, Bruxelles. p. 35-43.

### ***Other publications***

- Erban, T.** 2007. Skladistni a prachovi roztoci jsou vyznamni skudci v zemedelstvi. *Uroda* 55: 25-27.
- Erban, T.**, M. Erbanova, and J. Hubert. 2008. Skladistni roztoci pod drobnohledem. *Zemedelec* 16: 12-13.
- Erbanova, M., and **T. Erban**. 2008. Jsou alergeny roztocu nebezpecne pro zemedelce? *Uroda* 56: 78-80.
- Erban, T.**, M. Nesvorna, and J. Hubert. 2009. Medicinalni aspekty kontaminace skladovanych potravin roztoci. *Rostlinolekar* 20: 22-23.
- Kudlikova, I., **T. Erban**, V. Stejskal, M. Nesvorna, and J. Hubert. 2009. Moznosti a trendy v detekci kontaminaci skladovanych rostlinnych produktu roztoci. *Rostlinolekar* 20: 16-19.
- Stejskal, V., **T. Erban**, R. Aulicky, and J. Hubert. 2011. Cockroach allergens can persist in households nine months after extermination of cockroach population. *International Pest Control* 53: 214-215.
- Erban, T.**, and J. Hubert. 2012. Digestive physiology of synanthropic mites (Acari: Acaridida). *Signpost Open Access Journal of Entomological Studies* 1: 1-37.

### ***Abstracts and Proceedings***

**Erban, T.**, I. Krizkova-Kudlikova, and J. Hubert, 2005. The bacteria as food for stored-product mites (Acari: Acaridida). In: *Book of Abstracts of the Conference of IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection of Stored Products"*, September 20<sup>th</sup>-23<sup>rd</sup>, 2005, Prague, Czech Republic. p. 27.

Krizkova-Kudlikova, I., J. Hubert, **T. Erban**, A. Klaudyova, R. Aulicky , and V. Stejskal. 2006. Degradation of cockroach allergen Bla g 2: Does the amount of the allergen increase after partial microbial degradation of faeces? In: *Proceedings of the "9th International Working Conference on Stored Product Protection"*, 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> October 2006, Sao Paulo, Brazil. p. 1108-1113.

Cimaglia, F., **T. Erban**, I. Krizkova-Kudlikova, A. Santino, B. A. Shevelev, and P. Poltronieri. 2007. Protein chips in analysis of potato, plant and insect biomarkers. In: *Book of Abstracts of the Strategic Workshop "FinalCost Action 853 and ARRAY meeting"*, 22<sup>nd</sup>-24<sup>th</sup> May 2007, Sant Feliu de Guixols, Spain. p. 9-10.

**Erban, T.**, I. Krizkova-Kudlikova, and J. Hubert. 2007. The bacteria as food for stored-product mites (Acari: Acaridida), *IOBC/wprs Bulletin* 30: 159.

**Erban, T.**, J. Hubert, and P. Poltronieri. 2007. Proteomic analysis of lysozyme in *Tyrophagus putrescentiae*. In: *Book of Abstracts of the "9<sup>th</sup> Central European Workshop on Soil Zoology"*, April 17<sup>th</sup>-20<sup>th</sup>, 2007, Ceske Budejovice, Czech Republic. p. 17.

Hubert, J., and **T. Erban**. 2008. Searching for pathogens to control stored product mites (Acari: Acaridida). In: *Book of Abstracts of the 41<sup>st</sup> Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology and 9<sup>th</sup> International Conference on Bacillus thuringiensis. Incorporating COST862 Action: Bacterial Toxins for Insect Control*. p. 92.

Hubert, J., M. Nesvorna, **T. Erban**, J. Kopecky, M. Mareckova-Sagova, Y. Park, and L. Zurek. 2010. Stored product mite *Acarus siro* harbor *Bartonella*-like symbionts. *Joint MC/WG2*

*Meeting, COST Action FA0701, Workshop, Arthropod symbiont genomics and metagenomics.*  
Funchal, Madeira (Portugal), January 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup>, 2010. p. 33.

Petrova, D., J. Hubert, and **T. Erban**. 2012. Dynamika produkce alergennich proteinu skladistním roztocem *Tyrophagus putrescentiae*. In: *Zoologicke dny Olomouc 2012, sbornik abstraktu z konference 9.-10. unora 2012*. Bryja, J., J. Albrechtova, and E. Tkadlec (editors). Brno: Ustav biologie obratlovcu AV CR, v. v. i. p. 154-155.

Petrova, D., and **T. Erban**. 2012. Production of allergenic proteolytic enzymes to puppy dog food by the stored product mite *Tyrophagus putrescentiae*. In: *Proceedings of Abstracts of the XIX<sup>th</sup> Slovak and Czech Plant Protection Conference*, Nitra, September 5<sup>th</sup>-7<sup>th</sup>, 2012. Bokor, P., and M. Tothova, (editors). Slovak University of Agricukture in Nitra. p. 66-67.

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra zoologie**

**Doktorský studijní program: Zoologie**

**Autoreferát disertační práce**



**Potravní biologie synantropních roztočů  
(Acaria: Acaridida)**

**Tomáš Erban**

**Školitel: Prof. RNDr. Jaroslav Smrž, CSc.**  
Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze,  
Viničná 1594/7, Praha 2, CZ-12844, Česko

**Školitel-konzultant: Mgr. Jan Hubert, Ph.D.**  
Oddělení ochrany zásob a bezpečnosti potravin, Výzkumný ústav rostlinné výroby,  
v. v. i., Drnovská 507/73, Praha 6-Ruzyně, CZ-160106, Česko

**Praha, 2012**

**ABSTRAKT**

---

V minulosti bylo provedeno několik pokusů o popsání potravní biologie akaroidních roztočů, nicméně plné porozumění těmto procesům pozbyvá úplnosti. Cílem této disertační práce bylo rozšířit naše znalosti týkající se trávicí fyziologie skladištních a prachových roztočů a aplikovat tyto znalosti na jejich potravní biologii. Výzkumný přístup použitý v této disertační práci zahrnuje *in vitro* charakterizaci enzymové aktivity v celotělních extraktech (WME) a extraktech zbytkového růstového média (SGME), vyhodnocení enzymové aktivity s ohledem na fyziologické pH střeva, enzymatické inhibiční experimenty, *in vivo* lokalizaci enzymových aktivit ve střevě roztočů, určení efektů výživných nebo růstu inhibujících aditiv v experimentálních dietách na populační růst roztočů a určení potravních preferencí synantropních roztočů na základě vyhodnocených *in vitro* a *in vivo* analýz. pH střeva dvanácti druhů synantropních akaroidních roztočů bylo determinováno v rozmezí pH 4 až 7 a ukázalo gradient v pH z předního do zadního střeva. pH v trávicím traktu synantropních akaroidních roztočů koresponduje aktivitám proteáz,  $\alpha$ -glukosidáz,  $\alpha$ -amyláz a bakteriolytických enzymů. Aktivita těchto enzymů reprezentuje hlavní trávicí aktivitu v roztočích, nicméně různé druhy roztočů se liší v enzymatické aktivitě. Prachoví a skladištní roztoči jsou schopni využívat bakterie jako potravní zdroj. Jsou také adaptovaní na trávení sacharózy, škrobových substrátů a proteinů. *In vivo* enzymové výsledky ukázaly, že trávení bakterií, škrobu a většiny proteinů bylo lokalizováno ve ventriculu a caecách, nicméně některé enzymové aktivity byly lokalizovány v zadním střevu. Enzymatická aktivita koresponduje s přítomnou potravou a zvýšená enzymová aktivita může ovlivňovat metabolické potřeby roztočů. Zjištění také zvýrazňuje význam ekologických interakcí mezi roztoči a dalšími mikroorganismy. Protože trávicí enzymy reprezentují v exkrementech roztočů hlavní lidské alergeny, medicínské a ekonomické aspekty trávicích enzymů jsou také diskutovány. Výsledkovou část disertace tvoří pět publikací s impact-factorem a tedy recenzovaných metodou peer-review.

**Klíčová slova:** trávení, enzym, inhibitor, alergen, roztoč

## 1. ÚVOD

---

Synantropní roztoči (Acari: Acaridida) jsou obvykle klasifikováni do dvou umělých skupin: (1) prachoví roztoči (HDM) a (2) skladištní roztoči (SPM). Obě skupiny jsou také známy jako „domácí roztoči“ (Hughes 1976, Colloff 2009, Colloff & Spieksma 1992). Má se za to, že tito synantropní akaroidní roztoči jsou odvozeni z fungivorního předka, který původně obýval půdu a migroval do lidských habitatů, hnízd ptáků a savců v průběhu neolitické revoluce (OConnor 1979, OConnor 1982). Má se také za to, že předky Acaridida jsou Oribatida (Dabert *et al.* 2010) a že roztoč prašivka ovčí *Psoroptes ovis* je předkem *Dermatophagoides* spp. (Hamilton *et al.* 2003). Proto můžeme aplikovat znalosti týkajících se potravní biologie a trávicích enzymů příbuzných roztočů pro porozumění biologie skladištních a prachových roztočů.

Mnoho trávicích adaptací roztočů je založeno na struktuře potravního systému včetně ústních orgánů a trávicích enzymů (Schuster 1956, Luxton 1972, Akimov 1985). Roztoči jsou stejně jako jiní živočichové vybaveni množstvím enzymů pro trávení potravy. U prachových a skladištních roztočů se vyvinulo množství enzymů zahrnující enzymy štěpící sacharidy, proteázy, fosfatázy a lipázy/esterázy, které jsou potřebné na trávení různých typů potravy vyskytující se v jejich habitatech. Přítomnost a aktivita trávicích enzymů je důležitý determinant trávicí schopnosti roztočů (Luxton 1972, Akimov & Barabanova 1976, Akimov & Barabanova 1978, Akimov 1985, Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993, Robinson *et al.* 1997). pH střevního obsahu je považováno za nejvýznamnější faktor, který ovlivňuje trávicí procesy. pH ve střevě je důležité pro aktivitu trávicích enzymů a existuje úzká souvislost s pH trávicí soustavy a pH optima trávicích enzymů (Terra *et al.* 1996, Funke *et al.* 2008).

Trávicí schopnosti střeva roztočů jsou odvozeny z potravní biologie synantropních akaroidních roztočů. Práce diskutuje medicinální a ekonomický význam těchto enzymů. Sekce výsledky a diskuse jsou založeny na pěti publikacích recenzovaných metodou peer-review. Zjištění jsou aplikovaná na potravní biologii synantropních akaroidních roztočů.

## 2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

---

Cílem této disertační práce je rozšířit naše znalosti o trávicích enzymech synantropních akaroidních roztočů a aplikovat tyto znalosti na jejich potravní biologii.

Specifické cíle:

- a) Určit pH ve střevě skladištních a prachových roztočů.
- b) Charakterizovat enzymovou aktivitu v celotělních extraktech (WME) a extraktech zbytkového růstového média (SGME).
- c) Lokalizovat enzymovou aktivitu ve střevě roztočů.
- d) Určit vliv výživných nebo růst inhibujících aditiv v experimentálních dietách na populační růst roztočů.
- e) Určit potravní preference prachových a skladištních roztočů na základě vyhodnocených *in vitro* a *in vivo* analýz.

### 3. METODIKA

---

Výzkumný přístup použitý v této disertační práci zahrnuje *in vitro* charakterizaci enzymatické aktivity v celotělních extraktech (WME) a extraktech zbytkového růstového média (SGME), vyhodnocení enzymové aktivity s ohledem na fyziologické pH střeva, enzymatické inhibiční experimenty, *in vivo* lokalizace enzymových aktivit ve střevě roztočů, určení efektů výživných nebo růst inhibujících aditiv v experimentálních dietách na populační růst roztočů a určení potravních preferencí synantropních roztočů na základě vyhodnocených *in vitro* a *in vivo* analýz.

### 4. VÝSLEDKY

---

#### a. Určení pH ve střevě akaroidních roztočů

pH střeva akaroidních roztočů bylo determinováno v rozmezí pH 4 a 7 a ukázalo gradient v pH z anteriorní do posteriorní části. Ventriculus a caeca většiny druhů má pH v rozmezí od 4,5 do 5 nebo trochu více alkalické, zatímco intercolon/colon má pH 5 až 6. pH v postcolonu je nejvíce alkalická část střeva a pH je v rozmezí 5,5 a 7. Signifikantní rozdíly byly nalezené jen u *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus*, kteří měli více kyselé anteriorní střední střevo (pH 4 až 5), colon (pH 5) a postcolon s pH pod 6. Proto jsou prachoví roztoči nejvíce odlišní s ohledem na acidobasické vlastnosti střeva. Z hypotéz vyplývá, že kyselejší pufrování střeva *Dermatophagoides* spp. vysvětluje, proč tito roztoči preferují odlišné potravní zdroje, než je tomu u skladištních roztočů, kteří se vyskytují především v uskladněných produktech. Studie o trávicích enzymech by měly být prováděny s ohledem na fyziologické pH. Tato podmínka je nezbytná pro enzymovou aktivitu, která je určována v exkrementech roztočů, které jsou používány jako zdroj trávicích enzymů roztočů.

**Erban, T., a J. Hubert.** 2010. Determination of pH in regions of the midguts of acaridid mites. *Journal of Insect Science* 10.42.

#### b. Bakterie jako potravní zdroj pro synantropní akaroidní roztoče

Bakteriolytická (lysozyme-like) aktivita byla detekována v celotělních extraktech roztočů (WHE) a extraktech ze zbytkového růstového media roztočů (SGME) 14-i druhů synantropních akaroidních roztočů. Nejvyšší trávicí bakteriolytická aktivita byla zjištěna pro *Lepidoglyphus destructor*, *Chortoglyphus arcuatus* a *D. farinae*. pH optimum bakteriolytické aktivity bylo 4,5 v SGME pro většinu testovaných druhů. Absence bakteriolytické aktivity nad pH 7,0 značí spíše trávicí než obrannou funkci enzymů. Osm druhů mělo vyšší populační růst na dietě obohacené o *Micrococcus lysodeikticus*, než na kontrolní dietě. Adaptace roztočů na trávení bakterií bylo založeno na: (i) vysoké enzymové aktivitě v SGME a (ii) korelace maximální bakteriolytické aktivity v kyselých oblastech pH, které jsou acidobasické vlastnosti pro ventriculus a caeca. Bakteriolytická aktivita v SGME pozitivně korelovala se standardizovanou rychlostí ( $r_s$ ) populačního růstu, ačkoliv žádná korelace nebyla mezi  $r_s$  a lysozymovou aktivitou v WME. Bakteriolytická aktivita negativně korelovala aktivitě v SGME. Všechna tato zjištění indikují, že bakteriolýza v akaroidních roztočích slouží jak pro defensivní, tak pro trávicí funkci. Ukázali jsme, že *in vivo* trávení fluorescein-vázané

*M. lysodeikticus* buňky začalo ve ventriculu a pokračovalo s průchodem potravního balíčku střevem. Tyto výsledky demonstруjí, že roztoči jsou schopni živit se na bakteriích a jsou vybaveni enzymy, které tráví bakterie a/nebo chrání roztoče před bakteriemi.

**Erban, T., a J. Hubert J.** 2008. Digestive function of lysozyme in synanthropic acaridid mites enables utilization of bacteria as a food source. *Experimental and Applied Acarology* 44: 199-212.

**c. Význam trávení škrobu a sacharózy v potravní biologii synantropních akaroidních roztočů**

Optimální pH pro trávení škrobu, maltózy a sacharózy v WME a SGME devíti druhů synantropních akaroidních roztočů se pohybovalo v pH od 4 do 6,75 s maximální aktivitou při pH 5 a korespondovalo s acidobasickými podmínkami v anteriořním středním střevě. Ekvivalentní uvolnění glukosy ze čtyř typů škrobu, amylopektinu, dextrinu, maltózy a sacharózy hydrolyzou WME a SGME indikovalo, že enzymy trávící tyto substráty jsou produkovaný v předním mesenteru, ne ze tkání těl roztočů. Druhy s vyšší škrobovou hydrolytickou aktivitou v SGME jsou více tolerantní na  $\alpha$ -glukosidázový a  $\alpha$ -amylázový inhibitor acarbosu. Vysoká specifická  $\alpha$ -amylázová a maltázová aktivita navíc demonstrovala význam jejich synergetické aktivity v produkci glukosy ze škrobu. Skládající roztoči *Acarus siro*, *Aleuroglyphus ovatus*, *Tyroborus lini* a *L. destructor* mají zvýšenou trávicí aktivitu škrobu a jsou asociováni se škrobovými substráty. *D. farinae*, *C. arcuatus* and *Sancassania rodionovi* (syn. *Caloglyphus redickorzevi*) jsou na druhé straně asociováni se sacharózou a *Tyrophagus putrescentiae* a *Carpoglyphus lactis* mají nízkou nebo střední enzymovou aktivitu na škrobových substrátech a sacharóze. Trávení škrobu bylo lokalizováno *in vivo* pomocí trávení škrobu s navázaným barvivem (škrobový azur). Hlavní část trávení škrobu probíhala ve ventriculu a caecách, nicméně trávení bylo pozorováno i v colonu a postcolonu. Z testovaných druhů jen *D. farinae* měl velmi slabou *in vivo* aktivitu proti škrobovému azuru. Biotesty na škrobově obohacených dietách ukázaly zvýšený růst druhů enzymově asociovaných se škrobovými substráty. Na druhé straně biotest nepotvrdil, že sacharóza je použitelný přídavek do diet pro populační růst, a překvapivě parciálně růst supresovala. Proto jsme vyvodili, že přídavek sacharózy do diet mohl být prospěšný pro mikrobiální růst, a zvýšený mikrobiální růst tak mohl potlačovat populační růst roztočů.

**Erban, T., M. Erbanova, M. Nesvorna, a J. Hubert.** 2009. The importance of starch and sucrose digestion in the nutritive biology of synanthropic acaridid mites: alpha-amylases and alpha-glucosidases are suitable targets for inhibitor-based strategies of mite control. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 71: 139-158.

**d. Komparativní analýza proteolytických aktivit v sedmi druzích synantropních akaroidních roztočů**

Mikrodestičkové analýzy byly optimalizovány pro screening proteolytické aktivity v akaroidních roztočích pomocí sedmi p-nitroanilin vázaných specifických substrátů a azocaseinu, azoalbuminu, azocolu, keratin azuru and elastin orceinu. Proteolytická aktivita byla sledována v každém druhu a s každým testovaným substrátem. Celotělní extrakty ze sedmi druhů akaroidních roztočů vykázalo nespecifickou aktivitu v pH rozmezí od 2 do 12. Zjistili jsme, že proteolýza WME měla maxima při

pH 3, 5 až 6 a 10. Další analýza při pH 3, 5, 6 a 10 ukázala rozdíly mezi specifickými a nespecifickými substráty mezi jednotlivými druhy roztočů. Rozdíl mezi enzymovou aktivitou druhů při pH 6 a 5 pomocí azocaseinu a azoalbuminu nebyl vysvětlen. Proteolytická aktivita pomocí substrátů BApNA, SAAPFpNA, SA<sub>3</sub>pNA, ZRRpNA a MAAPMpNA byla největší v alkalickém pH a indikovala hlavně přítomnost příslušných enzymů ve tkáních roztočů. Naproti tomu, hydrolýza AAPpNA a ArgpNA byla nejvyšší při pH 6, což koresponduje pH ve střevě roztočů. Proteolytické aktivity, které korespondovaly pH ve střevě roztočů byly také sledovány pomocí MAAPMpNA substrátu. Tato enzymová aktivita mohla korespondovat s Grp 9 roztočovým alergenem, který může reprezentovat primární trávicí enzymy. Sledovaná proteolytická aktivita při pH 3 indikovala přítomnost aspartátových proteáz, které jsou pravděpodobně limitovány do kyselých lysozómů. Enzymatický profil každého testovaného druhu pomocí SA<sub>3</sub>pNA a ZRRpNA byl stejný a velmi podobný aktivitě měřené BApNA, což indikuje možnou interakci mezi různými proteázami.

Kombinace měřených proteolytických aktivit a biotestu v této studii ukázala ne znatelnou korelací. Několik vlivů proteinového přídavku do diet bylo sledováno v *T. putrescentiae* a *A. siro*, tyto druhy měly střední proteasové aktivity, ale efekt na zvýšení populačního růstu byl velmi malý.

Protože kolagen a keratin jsou tráveny s velmi malou účinností v pH odpovídajícímu střevu, předpokládáme, že substráty nepředstavují významné přímé zdroje potravy pro roztoče. Efektivní využití živin z kůže, vlasů (chlupů), nehtů a peří může být zprostředkováno symbiotickými interakcemi roztočů s bakteriemi a mikroskopickými houbami, které slouží jako potrava roztočům. Mikrofagie se tedy zdá být výhodnější strategií pro roztoče, než je obživa na kůži, vlasech, nechtech nebo peří.

**Erban, T., a J. Hubert.** 2010. Comparative analyses of proteolytic activities in seven species of synanthropic acaridid mites. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 75: 187-206.

#### e. Lokalizace proteolytických aktivit v roztočím střevě

Proteázová aktivita byla úspěšně lokalizována pomocí chromogenních (azoalbumin, AAPpNA, SAAPFpNA, elastin-orcein, SA<sub>3</sub>pNA, ZRRpNA, ArgpNA, and MAAPMpNA) a fluorescenčních substrátů (casein-fluorescein, albumin-fluorescein, AAPAMC, BAAMC, ZRRAMC, ArgAMC, a AGPPPAMC). Výsledky indikují, že cathepsin B, D, G a H nebo aminopeptidázám podobná aktivita jsou přítomné ve střevě roztoče *L. destructor*. Ve středním střevu nebyla sledována trypsinová aktivita generovaná hydrolýzou BApNA substrátu, ale fluorescenční ekvivalent BAAMC umožnil vizualizaci trypsin-like aktivity v potravním balíčku v posterioru středního střeva. Elastázová aktivita byla úspěšně lokalizována ve střevě *L. destructor* pomocí SA<sub>3</sub>pNA a elastin-orceinu. Nicméně, žádná aktivita nebyla sledována pro keratinovou azur. *In vivo* vizualizovaná enzymová aktivita podpořila předešlou analýzu, že chymotrypsinová aktivita reprezentuje důležitou část proteázové aktivity v roztočích. Přítomnost *in vivo* hydrolýzy obou substrátů ZRRAMC a ZRRpNA v celém střevě indikovala, že trávení tohoto substrátu začíná v předním střevě. Nicméně lokalizace cysteinových proteáz pomocí těchto substrátů je problémová, protože specifita není jen pro cathepsin B, ale také pro trypsin. Fluorescence uvolněná z AGPPPAMC byla sledována v celém mesodeu *L. destructor* a svědčila o možné aspartátové proteázové aktivitě. Všechny zmíněné proteolytické aktivity jsou produkované v lumenu středního střeva a formují potravní balíček společně s pozřenou potravou, pak procházejí střevem a jsou

defekovány. Užitá metoda umožňuje vizualizaci proteázových aktivit ve střevě transparentních živočichů.

**Erban, T., a J. Hubert.** 2011. Visualization of protein digestion in the midgut of the acarid mite *Lepidoglyphus destructor*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 78: 74-86.

## 5. DISKUSE

---

Výsledky této dizertace ukázaly, že skladiští a prachoví roztoči jsou schopni se živit na rostlinném a živočišném materiálu a na mikroflóře. Proto jsou tito roztoči dle Luxtonovy klasifikace panfytofágí druhý (Luxton 1972). Potravní guildy popsané Siepel & de Ruiter Dijkman (1993) a Berg *et al.* (2004) jsou založené na enzymových aktivitách chitináz, trehaláz a celuláz (Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993, Berg *et al.* 2004). Předešlé klasifikace do potravních guild byly také založeny na enzymových aktivitách, které byly pravděpodobně trávicí (Schuster 1956, Luxton 1972). V práci je předloženo, že definování potravních guild založené jen na přítomnosti nebo absenci enzymových aktivit v surovém extraktu je příliš zjednodušené a může vést k nesrovnalostem a chybně determinovaným potravním guildám.

Na základě výsledků v této práci lze shrnout, že skladiští roztoči, kteří jsou často nalezeni v uskladněném obilí, jako je *A. siro*, *A. ovatus*, *L. destructor* a *T. lini*, jsou enzymově nejlépe adaptovaní na trávení škrobem bohatého substrátu. Nicméně tito roztoči měli vyšší aktivitu i jiných enzymů, což bylo sledováno u proteáz. Konkrétně *L. destructor* je druh s extrémně vysokou enzymovou aktivitou studovaných enzymových aktivit. *D. farinae* měl naopak velmi malou relativní enzymovou aktivitu, výjimkou pro tohoto roztoče však byla bakteriolytická aktivita. Předpokládalo se, že je tento druh dobře adaptován na trávení proteinů a keratinu, avšak výsledky ukázaly, že *D. farinae* má nízkou relativní proteolytickou aktivitu ve srovnání s testovanými skladištími roztoči. Tento fakt je v rozporu s předpokládanou vysokou proteolytickou a keratinolyckou aktivitou prachových roztočů. *C. lactis* je druh, který infestuje materál s vysokým cukerným obsahem, zejména sušené ovoce (Hubert *et al.* 2011). Proto tento druh by měl mít vysokou sacharázovou aktivitu, avšak výsledky ukázaly, že *C. lactis* vykazoval jen střední aktivitu na sacharóze.

Proč mají různé druhy acaridů odlišnou enzymovou aktivitu? Rozdíly mohou být vysvětleny odlišnými potravními nároky jednotlivých druhů. Zjištěná velmi nízká proteázová a škrob hydrolyzující aktivita může odpovídat nižším nutričním nárokům, což může platit také pro *C. lactis*, který měl nízkou sacharázovou aktivitu. Tyto enzymové aktivity mohou korespondovat s mírou pohyblivosti druhu (osobní pozorování). Míra enzymové aktivity tedy může, ale nemusí korelovat s preferovaným potravním zdrojem a může být výrazem potravních energetických nároků. Tento faktor také koresponduje s populačním růstem roztočů.

Bakteriolytická aktivita sledovaná v *D. farinae* ukázala, že tento roztoč je adaptován na trávení bakterií. Na druhé straně jemu podobný druh *D. pteronyssinus* má nižší míru adaptace živit se bakteriemi. Tyto dva druhy *Dermatophagoides* však nejsou identické, i když žijí ve stejném habitatu a ve smíšených populacích. Již dříve Valerio *et al.* (2005) předpokládali vyšší stupeň bakterifagie u *D. farinae* než u *D. pteronyssinus*.

Zdá se, že i když má *D. farinae* nízkou proteolytickou aktivitu, je schopný se s vyšší efektivitou živit bakteriemi. Je pravděpodobné, že prachoví roztoči mají větší tendenci k bakteriofagii než jiné druhy. Podobná situace se předpokládá pro *P. ovis*, který je nejspíše předkem *Dermatophagoides* spp. (Hamilton *et al.* 2003). Navíc je možné shrnout, že *D. farinae* je nejunikátnější roztoč ze všech studovaných druhů, a to ne jen k jeho acidobasickým vlastnostem střeva, ale i pro vysoký stupeň bakterifagie.

Zařazení živočichů do potravních guild by mělo být odvísle na habitatu. Siepel & de Ruiter-Dijkman (1993) tvrdili, že v laboratorních podmínkách, kde je hojná potrava, není potřeba selektivní efektivity a druhy se budou asi živit na částech nejsnadněji stravitelných (buněčný obsah). Proto není překvapující, že druhy chované v laboratorních podmínkách např. na řasách, žijí v přírodě na houbách (Siepel & de Ruiter-Dijkman 1993). Biotesty provedené v této práci byly založeny na obohacení potravních substrátů, které slouží jako cíle pro konkrétní trávicí enzymy. Z těchto výsledků biotestů a enzymové analýzy je zřejmé, že vhodný způsob nebo v některých prostředích nezbytná strategie trávení pro synantropní akaroidní roztoče je mikrofagie (bakteriofagie a mykofagie). Roztoči jsou schopni trávit mnoho typů potravy, kterou uskladňuje člověk pro konzumaci jako přímý potravní zdroj. Jsou však schopni trávit i skrze symbiotické interakce. Přidáním bakterií do diety se výrazně zvýšil populační růst roztočů v biotestech, a to zřejmě i proto, že bakterie nabízí vyšší nutriční benefit, než komplexní potrava, která je užívaná v laboratorních kulturách nebo potrava obohacená o škrob, sacharózu či proteiny.

## 6. ZÁVĚRY

---

- Bylo charakterizováno široké spektrum enzymových aktivit až pro 14 druhů synantropních akaroidních roztočů. Tyto *in vitro* enzymové výsledky jsou podpořeny biotesty a *in vivo* sledováním enzymové aktivity ve střevě roztočů.
- Byly určeny acidobasické vlastnosti střeva 12 druhů roztočů. Střivo akaroidních roztočů bylo determinováno mezi pH 4 a 7. Enzymová aktivita mimo toto pH není považována za trávicí ve střevě.
- Skladištěná roztoči jsou schopni živit se bakteriemi a jsou vybaveni enzymy, které mohou trávit a/nebo bránit roztoče před bakteriemi. Interakce prachových a skladištěných roztočů s bakteriemi je významnější, než se dříve předpokládalo.
- Studium trávení škrobu a sacharózy v potravní biologii synantropních akaroidních roztočů ukázalo, že střivo roztoče je vybaveno enzymy, které tráví sacharidy. Všichni tito roztoči využívají škrob a sacharózu pro výživu.
- Naše výsledky ukazaly, že primární trávicí proteázy roztočů jsou chymotrypsinu podobné proteázy a aminopeptidázy. Bylo překvapující, že nízká relativní enzymová aktivita odpovídala trypsinu a cysteinovým proteázám.
- Nízký stupeň trávení kolagenu a keratinu ve střevě roztočů značí, že keratin a kolagen nejsou tak důležité přímé zdroje živin. Proto efektivní využití živin z kůže, vlasů (chlupů), nehtů a peří roztoči je možné skrze symbiotické interakce roztočů s keratinolytickými a kolagenolytickými bakteriemi a houbami.
- Mikrofagie je výhodná strategie pro roztoče žijící v prostředí, ve kterém se živí kůží, vlasy (chlupy), nehty lidí a savců či peřím ptáků.

- *Dermatophagoides* spp. a *L. destructor* byli nejunikátnějšími druhy testovaných roztočů. Odlišné enzymové vlastnosti *Dermatophagoides* spp. pravděpodobně pramení z environmentálních omezení. *L. destructor* má unikátně vysokou aktivitu trávicích enzymů, která byla několikanásobně vyšší než u jiných druhů testovaných roztočů.
- Byly sledovány značné rozdíly v populačním růstu mezi *D. farinae* and *D. pteronyssinus* na bakteriálně obohacené dietě, také existovaly značné rozdíly v enzymové aktivitě v SGME, což prokázalo odlišný stupeň bakteriofagie těchto druhů.
- Naše výsledky ukázaly, že typičtí skladištění roztoči, kteří jsou často nalézání v cereáliích, vykazují vyšší enzymovou aktivitu než prachoví roztoči. Toto může záviset nejen na potravní preferenci, ale také na metabolických náročích druhů. Konkrétně *L. destructor* je velmi aktivní roztoč, proto jeho velmi vysoká enzymová aktivita může být odrazem vyššího nutričního nároku.
- Amylolytická, bakteriolytická, nespecifická proteázová a specifická proteázová aktivita byly lokalizované *in vivo* ve střevě roztočů.
- Analýza trávicích enzymů v akaridech je aplikovatelná na jejich potravní biologii s určitými limitacemi.
- Není možné spolehlivě charakterizovat potravní guildy pouze na základě enzymové analýzy. Nicméně vzhledem ke klasifikaci Luxton (1972) jsou synantropní akaroidní roztoči nejlépe klasifikováni jako panfytofágní druhy. Vzhledem k blízké evoluční příbuznosti akaroidních a oribatidních roztočů lze předpokládat, že i předek skladištění a prachových roztočů může být podobný panfytofágním Oribatida.

## 7. REFERENCE

---

- Akimov, I. A. 1985. [Biological foundations of harmfulness of acaroid mites]. Naukova Dumka, Kijev. (v ruštině)
- Akimov, I. A., a V. V. Barabanova. 1976. [Digestive enzymes of some acaroid mites]. *Dopovid Akademiyi Nauk Ukrayins'koyi RSR, Seriya B - Heolohichni, Khimichni ta Biolohichchi Nauky*, č. 6: 547-549. (v ukrajinském)
- Akimov, I. A., a V. V. Barabanova. 1978. [Effect of feeding characteristics of mites (Acaroidea) on activity of some of their digestive enzymes]. *Soviet Journal of Ecology (Ekologiya)* 9: 27-31. (v ruštině)
- Berg, M. P., M. Stoffer, a H. H. van den Heuvel. 2004. Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. *Pedobiologia* 48: 589-601.
- Colloff, M. J. 2009. Dust mites. CSIRO Publishing, Collingwood, Melbourne.
- Colloff, M. J., a F. T. Spieksma. 1992. Pictorial keys for the identification of domestic mites. *Clinical and Experimental Allergy* 22: 823-830.
- Dabert, M., W. Witalinski, A. Kazmierski, Z. Olszanowski, a J. Dabert. 2010. Molecular phylogeny of acariform mites (Acari, Arachnida): Strong conflict between phylogenetic signal and long-branch attraction artifacts. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56: 222-241.
- Funke, M., R. Buchler, V. Mahobia, A. Schneeberg, M. Ramm, a W. Boland. 2008. Rapid hydrolysis of quorum-sensing molecules in the gut of lepidopteran larvae. *ChemBioChem* 9: 1953-1959.
- Hamilton, K. A., A. J. Nisbet, M. J. Lehane, M. A. Taylor, a P. F. Billingsley. 2003. A physiological and biochemical model for digestion in the ectoparasitic mite, *Psoroptes ovis* (Acari: Psoroptidae). *International Journal of Parasitology* 33: 773-785.

- Hubert, J., T. Erban, M. Nesvorna, a V. Stejskal. 2011. Emerging risk of infestation and contamination of dried fruits by mites in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* 28: 1129-1135.
- Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. Technical bulletin edition. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Luxton, M. 1972. Studies on the oribatid mites of Danish beech wood soil. *Pedobiologia* 12: 434-463.
- OConnor, B. M. 1979. Evolutionary origins of astigmatid mites inhabiting stored products. *Recent Advances in Acarology I*: 273-278.
- OConnor, B. M. 1982. Evolutionary ecology of astigmatid mites. *Annual Review of Entomology* 27: 385-409.
- Robinson, C., N. A. Kalsheker, N. Srinivasan, C. M. King, D. R. Garrod, P. J. Thompson, a G. A. Stewart. 1997. On the potential significance of the enzymatic activity of mite allergens to immunogenicity. Clues to structure and function revealed by molecular characterization. *Clinical and Experimental Allergy* 27: 10-21.
- Schuster, R. 1956. Der Anteil der Oribatiden an der Zersetzungsvorgangen im Boden. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 45: 1-33.
- Siepel, H., a E. M. de Ruiter-Dijkman. 1993. Feeding guilds of oribatid mites Based on their carbohydrase activities. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1491-1497.
- Terra, W. R., C. Ferreira, a J. E. Baker. 1996. Compartmentalization of digestion. V: Lehane, M. J., a P. F. Billingsley (editoři). *Biology of the Insect Midgut*. Chapman & Hall, London.
- Valerio, C. R., P. Murray, L. G. Arlian, a J. E. Slater. 2005. Bacterial 16S ribosomal DNA in house dust mite cultures. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 116: 1296-1300.

## 8. AUTOROVU CURRICULUM VITAE

---

**Jméno:** Tomáš Erban

**Pozice:** výzkumný pracovník

**Datum narození:** 23. 07. 1978

**Místo narození:** Písek, Česko

**Adresa zaměstnavatele:** Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Drnovská 507/73, 161 06 Praha 6-Ruzyně, Česko

**Zaměstnání:** od 2008 Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i.  
od 2011 Medicínské centrum Praha s.r.o.

**Vzdělání:** 2006 – Magistr – Hlavní studijní program: Chemie/ Obor v rámci kvalifikace: Učitelství VVP pro SŠ chemie – biologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze

**Mezinárodní aktivity:**

- Sekční editor SOAJ of Entomological Studies

- Člen Management Committee COST FA0701 (od 2008) – Insect Symbiosis - From Fundamental Studies to Pest and Disease Management
- Člen Management Committee COST FA0803 (od 2009) – Prevention of Honeybee Colony Losses (COLOSS)
- Člen COST CM0804 (od 2009) – Chemical Biology with Natural Products
- 2007, dva měsíce Short Term Scientific Mission (COST), CNR-ISPA, Lecce, Itálie

**Školící aktivity:**

- 2009, vedoucí stážisty Cosimo Antonio di Presa (CNR ISPA, Itálie) v rámci STSM
- odškolený počet studentů – 4x Mgr, 3x Bc
- aktuálně školitel 4 studentů

**Členství:**

- ACS American Chemical Society
  - Agricultural & Food Chemistry Division (od 2009)
  - Analytical Chemistry Division (od 2009)
  - Biological Chemistry Division (od 2009)
  - Biochemical Technology Division (od 2009)

**Granty (odpovědný řešitel):**

- OC09034 – Proteiny bakteriálního původu v trávicím traktu synantropních roztočů (2009 – 2012)
- OC10019 – Chemická biologie s inhibitory trávicích enzymů roztočů: Hledání nástrojů využitelných v supresi, detekci a chemické biologii roztočů (Acari: Acaridida) (2010 – 2012)
- OC10016 – Studium fyziologie a hledání alternativních látek pro supresi *Varroa destructor* (2010 – 2012)
- QI111A119 – Identifikace příčin a metody prevence ztrát včelstev (2011 – 2014)

**Ocenění**

- Cena ministra zemědělství ČR za mimořádné výsledky ve výzkumu a experimentálním vývoji pro mladé vědecké pracovníky 2012, 3. místo
- Nejlepší poster na XIX. Slovenské a české konferenci o ochrane rastlín (2012), 1. místo

**Publikace****Publikace (IF)**

1. **Erban, T.**, a J. Hubert. 2008. Digestive function of lysozyme in synanthropic acaridid mites enables utilization of bacteria as a food source. *Experimental and Applied Acarology* 44: 199-212.
2. **Erban, T.**, M. Erbanova, M. Nesvorna, a J. Hubert. 2009. The importance of starch and sucrose digestion in nutritive biology of synanthropic acaridid mites: alpha-Amylases and alpha-glucosidases are suitable targets for inhibitor-based strategies of mite control. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 71: 139-158.

3. **Erban, T.**, M. Nesvorna, M. Erbanova, a J. Hubert. 2009. *Bacillus thuringiensis* var. tenebrionis control of synanthropic mites (Acaria: Acaridida) under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology* 49: 339-346.
4. **Erban, T.**, a J. Hubert. 2010. Determination of pH in regions of the midguts of acaridid mites. *Journal of Insect Science* 10:42.
5. **Erban, T.**, a J. Hubert. 2010. Comparative analyses of proteolytic activities in seven species of synanthropic acaridid mites. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 75: 187-206.
6. **Erban, T.**, V. Stejskal, I. Krizkova-Kudlikova, R. Aulicky, M. Nesvorna, a J. Hubert. 2010. The influence of environmental temperature and humidity on temporal decomposition of cockroach allergens Bla g 1 and Bla g 2 in feces. *Journal of Medical Entomology* 47: 1062-1070.
7. **Erban, T.**, a J. Hubert. 2010. Longterm persistence of *Blattella germanica* proteolytic activities in frass increases their allergenic hazard. *Medical and Veterinary Entomology* 25: 209-216.
8. Stara, J., **T. Erban**, a J. Hubert. 2010. The effect of chitin metabolic effectors on the population increase of stored product mites. *Experimental and Applied Acarology* 52: 155-167.
9. **Erban, T.** 2011. Purification of tropomyosin, paramyosin, actin, tubulin, troponin and kinases for chemiproteomics and its application to different scientific fields. *PLoS One* 6:e22860.
10. **Erban, T.**, a J. Hubert. 2011. Visualization of protein digestion in the midgut of the acarid mite *Lepidoglyphus destructor*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 78: 74-86.
11. Hubert, J., **T. Erban**, M. Nesvorna, a V. Stejskal. 2011. Emerging risk of infestation and contamination of dried fruits by mites in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 28: 1129-1135.
12. **Erban, T.**, J. Rybansky, a J. Hubert. 2012. The efficacy of four avermectins on the synanthropic mite *Lepidoglyphus destructor* under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology* 58: 43-50.
13. **Erban, T.**, P. Poltronieri, a J. Stara. 2011. A novel microplate-based HPLC-fluorescence assay for determination of NADPH-cytochrome P450 reductase activity. *Biomedical Chromatography* 26: 1062-1065.
14. Rahel, J., E. Jonasova, M. Nesvorna, R. Klubal, **T. Erban**, a J. Hubert. 2012. The toxic effect of metal-chitosan impregnated textile to synanthropic mites. *Pest Management Science*. (v tisku)

### **Kapitola v knize**

Cimiglia, F., D. M. De Blasi, A. Santino, **T. Erban**, I. Krizkova-Kudlikova, J. Hubert, a P. Poltronieri. 2008. Protein chip applications. V: Frey, J., a F. Pasquier (editori). Action COST 853. *Agricultural biomarkers for array technology*. Official Publications Office of European Community (OPOCE), EU Bookshop, Bruxelles. s. 35-43.

### **Další publikace**

**Erban, T.** 2007. Skladiště a prachoví roztoči jsou významní škůdci v zemědělství. *Úroda* 55: 25-27.

- Erban, T.**, M. Erbanová, a J. Hubert. 2008. Skladištění roztočí pod drobnohledem. *Zemědělec* 16: 12-13.
- Erbanová, M., a **T. Erban**. 2008. Jsou alergeny roztočů nebezpečné pro zemědělce? *Úroda* 56: 78-80.
- Kudlíková, I., **T. Erban**, V. Stejskal, M. Nesvorná, a J. Hubert. 2009. Možnosti a trendy v detekci kontaminací skladovaných rostlinných produktů roztoči. *Rostlinolékař* 20: 16-19.
- Erban, T.**, M. Nesvorná, a J. Hubert. 2009. Medicinální aspekty kontaminace skladovaných potravin roztoči. *Rostlinolékař* 20: 22-23.
- Stejskal, V., **T. Erban**, R. Aulicky, a J. Hubert. 2011. Cockroach allergens can persist in households nine months after extermination of cockroach population. *International Pest Control* 53: 214-215.
- Erban, T.**, a J. Hubert. 2012. Digestive physiology of synanthropic mites (Acari: Acaridida). *Signpost Open Access Journal of Entomological Studies* 1: 1-37.

### *Abstrakty a konference*

**Erban, T.**, I. Krizkova-Kudlikova, a J. Hubert, 2005. The bacteria as food for stored-product mites (Acari: Acaridida). V: *Book of Abstracts of the Conference of IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection of Stored Products"*, September 20<sup>th</sup>-23<sup>rd</sup>, 2005, Prague, Czech Republic. s. 27.

Krizkova-Kudlikova, I., J. Hubert, **T. Erban**, A. Klaudyova, R. Aulicky , a V. Stejskal. 2006. Degradation of cockroach allergen Bla g 2: Does the amount of the allergen increase after partial microbial degradation of faeces? V: *Proceedings of the "9th International Working Conference on Stored Product Protection"*, 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup> October 2006, Sao Paulo, Brazil. s. 1108-1113.

Cimaglia, F., **T. Erban**, I. Krizkova-Kudlikova, A. Santino, B. A. Shevelev, a P. Poltronieri. 2007. Protein chips in analysis of potato, plant and insect biomarkers. V: *Book of Abstracts of the Strategic Workshop "FinalCost Action 853 and ARRAY meeting"*, 22<sup>nd</sup>-24<sup>th</sup> May 2007, Sant Feliu de Guixols, Spain. s. 9-10.

**Erban, T.**, I. Krizkova-Kudlikova, a J. Hubert. 2007. The bacteria as food for stored-product mites (Acari: Acaridida), *IOBC/wprs Bulletin* 30: 159.

**Erban, T.**, J. Hubert, a P. Poltronieri. 2007. Proteomic analysis of lysozyme in *Tyrophagus putrescentiae*. V: *Book of Abstracts of the "9<sup>th</sup> Central European Workshop on Soil Zoology"*, April 17<sup>th</sup>-20<sup>th</sup>, 2007, České Budějovice, Czech Republic. s. 17.

Hubert, J., a **T. Erban**. 2008. Searching for pathogens to control stored product mites (Acari: Acaridida). V: *Book of Abstracts of the 41<sup>st</sup> Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology and 9th International Conference on Bacillus thuringiensis. Incorporating COST862 Action: Bacterial Toxins for Insect Control*. s. 92.

Hubert, J., M. Nesvorna, **T. Erban**, J. Kopecký, M. Marecková-Sagová, Y. Park, a L. Zurek. 2010. Stored product mite *Acarus siro* harbor *Bartonella*-like symbionts. *Joint MC/WG2 Meeting, COST Action FA0701, Workshop, Arthropod symbiont genomics and metagenomics*. Funchal, Madeira (Portugal), January 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup>, 2010. s. 33.

Petrová, D., J. Hubert, a **T. Erban**. 2012. Dynamika produkce alergenních proteinů skladištěním roztočem *Tyrophagus putrescentiae*. V: *Zoologické dny Olomouc 2012, sborník*

*abstraktů z konference 9.-10. února 2012.* Bryja, J., J. Albrechtová, and E. Tkadlec (editoři). Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR, v. v. i. s. 154-155.

Petrová, D., a **T. Erban**. 2012. Production of allergenic proteolytic enzymes to puppy dog food by the stored product mite *Tyrophagus putrescentiae*. V: *Zborník abstraktov z XIX. Slovenskej a českej konferencie o ochrane rastlín*, Nitra, September 5<sup>th</sup>-7<sup>th</sup>, 2012. Bokor, P., a M. Tóthová, (editoři). Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. s. 66-67.