

er, a beneficial and mutual co-operation originated. Our region certainly fully supports beer and has taken it on as its own. It would also be a shortcoming for the whole hop growing region if the town of Žatec didn't have its own brewery. The latest award for the work of the brewery is "The best new foodstuff product of the county in 2008" awarded by the county's management to the special dark beer "Žatec Xantho". Besides this, at the start of September, during the Žatec beer tasting competition, which is one of the main beer competitions in the Czech Republic, Žatec – Export beer came in first place in the blonde lager category.

#### How do you see the future being for Czech varieties in breweries?

In Czech breweries the share of use of Czech varieties of hops keeps increasing. However, Žatec hop growing region has been suffering from a neglect of the significance of breeding results and their realisation in periods during the previous regime. New varieties are an essential aid for breweries and will keep becoming more and more established, including for special requirements of special beers and an increase in the content of some hop substances beneficial to health. Special care is required for aroma hops, for which the conditions in Žatec region are ideal and which will be in demand by a continuously increasing number of breweries.

#### Mr. Tomáš Lejsek, Ing. CSc. (\* 1937)

1962-1989 Research and development expert at the beer research institute VÚPS and the directorate of Czech breweries (more than one hundred publications, author and co-author of brewery technologies), afterwards entering a managerial position: 1990-1991 technical production deputy to director of Velké Popovice Breweries, 1991-1994 director of the VÚPS Prague, 1995-1996 manager of capital investment at Pivovar Radegast, a.s. (Radegast brewery), 1997-2000 managing director of Pivovar Velké Popovice, a.s. (Velké Popovice brewery), from 2001 executive head of Žatecký pivovar, s.r.o. (Žatecký brewery). From 1989 to 2005: external lecturer of brewery engineering at Institute of Fermentation Chemistry and Biochemistry of the Institute of Chemical Technology in Prague. (ros)



podporuje a vzal pivo za své. Také by to byl nedostatek celé chmelářské oblasti, kdyby bylo město Žatec bez vlastního pivovaru. Posledním oceněním práce pivovaru je i cena „Nejlepší nový potravinářský výrobek kraje v roce 2008“ udělená vedením kraje speciálnímu tmavému pivu „Žatec Xantho“. Mimo to na začátku září při žatecké degustaci pív, která patří mezi hlavní soutěže pív v České republice, skončilo pivo Žatec – Export na první místě v kategorii světlých ležáků.

#### Jak vidíte budoucnost českých odrůd v pivovarech?

V českých pivovarech se podíl používání českých odrůd chmele neustále zvyšuje. Žatecko však dosud trpí zanedbáním významu výsledků šlechtění i jejich realizací v dobách minulého režimu. Nové odrůdy jsou nezbytnou pomůckou pivovarů a budou se stále více prosazovat a to i pro zvláštní požadavky speciálních pív či zvýšení obsahu některých zdraví prospěšných chmelových látek. Zvláštní péči vyžaduje aromatický chmel, pro který jsou na Žatecku ideální podmínky a který bude stále více pivovary požadován.

#### Ing. Tomáš Lejsek, CSc. (\* 1937)

1962 – 1989 výzkumný a vývojový pracovník VÚPS a ředitelství českých pivovarů (více než sto publikací, autor a spoluautor pivovarských technologií), poté nástup do vedoucích postavení: 1990 – 1991 výrobně technický náměstek ředitele Pivovarů Velké Popovice, 1991 – 1994 ředitel VÚPS Praha (Výzkumný ústav pivovarský a sladařský), 1995 – 1996 manažer kapitálové účasti Pivovaru Radegast, a.s., 1997 – 2000 generální ředitel Pivovaru Velké Popovice, a.s., od 2001 jednatel Žateckého pivovaru, s.r.o. V letech 1989 až 2005 externí přednášející pivovarského inženýrství na Ústavu kvasné chemie a biochemie VŠCHT Praha. (ros)

## SAAZ VARIETY – CHANGES IN CONTENT AND COMPOSITION OF HOP ESSENTIAL OILS DURING PROCESSING AND STORAGE

### ŽATECKÝ POLORANÝ ČERVEŇÁK – ZMĚNY V OBSAHU A SLOŽENÍ CHMELOVÝCH SILIC BĚHEM ZPRACOVÁNÍ A SKLADOVÁNÍ

Ing. František Kroupa, PhD., V. F. HUMULUS, s.r.o.

#### Introduction

The first hop products were hop cones, and then, to decrease its volume and improve the stability of the brewery-precious substances, the production focused on pressed hops. Further development led to the fact that the hop cones (a very non-homogenous material) were processed to a product which has a very balanced content of hop resins and hop essential oils, smaller volume and better yield of brewery-precious substances during wort boiling. The processing of hops to pressed hops prevailed in the Czech Republic until 1996. Afterwards, hops were more and more processed to pellets type 90, and later also into the enriched pellets type 45. The processed pellets are then packed in vacuum aluminum foils which are filled with a mixture of the inert gasses N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. The latest trend is to store the harvested hops or hop products in air-conditioned warehouses at temperatures around 5 °C.

#### Used methods and methodology of the experiment

All these technological changes during the processing and storage have, of course, influenced the content and composition of hop essential oils. In 2000 – 2007, experiments were executed in which the influence of the technology of production of hop pellets and the influence of the sto-

#### Úvod

Prvním chmelovým produktem byl hlávkový chmel, poté se z důvodu zmenšení jeho objemu a lepší stability pivovarsky cenných látek přešlo k lisovanému chmelu. Další vývoj vedl k tomu, aby hlávkový chmel, který je velmi nehomogenním materiálem, se zpracoval do výrobku, který bude mít vyrovnaný obsah hořkých látek a chmelových silic, bude mít menší objem a lepší výtěžnost pivovarsky cenných látek při chmelovaru. V ČR převládalo zpracování chmele na lisovaný chmel do roku 1996, pak se začalo více uplatňovat zpracování chmele na granule typu 90 a později i na obohacené granule typu 45. Vyrobené granule jsou pak baleny do vakuovaných Al – fólií, které jsou plněny směsí inertních plynů N<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. Posledním trendem je skladování sklizeného chmele, nebo chmelových výrobků v klimatizovaných skladech při teplotách cca 5 °C.

#### Použité metody a metodika pokusu

Všechny tyto technologické změny při zpracování a skladování mají samozřejmě vliv na obsah a složení chmelových silic. V letech 2000 – 2007 proběhly pokusy, při kterých se sledoval vliv technologie výroby chmelových granulí a vliv teploty skladování na celkový obsah chmelových silic, složení chmelových silic a změny složení chmelových silic. Z důvodu

ring temperature on the total content of hop essential oils, composition of hop essential oils and changes of composition of hop essential oils were monitored. We only list the results from the warehousing experiment in 2000 here, for the purposes of the limited scope of this article.

We used distillation with water steam under atmospheric air pressure to determine the quantity of the content of hop essential oils. The individual components of the hop essential oil were identified using the method of gas chromatography with weight detection (GC-MS) (1).

#### Scheme of the experiment in 2000

The monitoring included hop cones wrapped in standard packaging directly by the grower. The chosen bales were divided into two parts. The first was placed in non air-conditioned (N) and air-conditioned (K), and the second was processed to pellets type 90 (October 2000). The pellets for the experiment were especially packed in 3 kg aluminum bags with inert atmosphere and placed in the warehouses. The sample picking started in October 2000 and was repeated approximately each month until September 2001.

The collected samples were monitored for the following indicators: The volume of oil in the sample and composition of hop essential oils, including the oxidation products of hop essential oils.

#### Results and discussion

*The total content and changes of the composition of hop essential oils in hops when processing to pellets type 90 and 45.*

When comparing the content of hop essential oils in hop cones and hop pellets type 90 made from it, we found out that the granule type 90 contained, on average, 93 % of the original content of the hop essential oils. When monitoring the processing of hops to granule type 45, we measured the average value for the content of hop essential oils as 160 %.

As far as the composition of the hop essential oils in the hop cones and hop products is concerned, we can state that the composition of the hop essential oils changes. Typical representatives are 4 terpenic components of hop essential oil which form 70 – 80 % of all hop essential oils. For example, we can mention processing of Saaz variety (harvest 2000) to pellets type 90. The process experienced a decrease of myrcene content (in case of 2000 harvest) from 41.90 % rel. to 18.54 %, increase of caryophyllene content from 4.50 % to 7.51 % rel., increase of humulene content from 16.80 % to 29.99 % rel. (i.e. 178 % of the original content) and increase on farnesene content from 12.00 % to 16.51 % (i.e. 138 %).

#### Storing 2000

From the assessment of the content of the hop essential oils, it is obvious that, regarding the stability of hops oil, the most convenient is the option when the hops are placed in an air-conditioned warehouse. Figure 1 shows the contents of the hop essential oils in ŽPČ in hop cones,

rozsahu článku se zde uvádí výsledky pouze ze skladovacího pokusu v roce 2000.

Pro kvantitativní stanovení obsahu chmelových silic bylo použito destilace s vodní parou za atmosférického tlaku vzduchu. Identifikace jednotlivých složek chmelové silice byla provedena metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GC – MS) (1).

#### Schéma pokusu v roce 2000

Do sledování byl zařazen hlávkový chmel, který byl zabalen v pěstitelském balení (balotu) přímo u pěstitel. Vybrané baloty byly rozděleny na dvě části. První část byla umístěna v neklimatizovaném (N) a klimatizovaném skladu (K), druhá část balení chmele byla současně zpracována na granule typu 90 (říjen 2000). Granule pro pokus byly speciálně baleny do 3 kg Al – sáčků s inertní atmosférou a umístěny v příslušných skladech. S odběry vzorků se začalo v říjnu 2000 a pak se zhruba po měsíci opakovaly až do září roku 2001.

U odebraných vzorků byly sledovány tyto ukazatele: objem silice ve vzorku a složení chmelových silic, včetně oxidačních produktů chmelových silic.

#### Výsledky a diskuse

*Celkový obsah a změny složení chmelových silic u chmele při zpracování na granule typu 90 a 45*

Při porovnávání obsahu chmelových silic v hlávkovém chmelu a z něho vyrobených granulí typu 90 bylo zjištěno, že granule typu 90 obsahují v průměru 93 % původního obsahu chmelových silic. Při sledování zpracování chmele na granule typu 45 byla naměřena průměrná hodnota pro obsah chmelových silic 160 %.

Pokud se týká složení chmelových silic u hlávkového chmele a chmelových výrobků, můžeme konstatovat, že složení chmelových silic se mění. Typickými představiteli jsou 4 terpenické složky chmelové silice, které tvoří 70 – 80 % veškerých chmelových silic. Pro příklad lze uvést zpracování ŽPČ (sklizeň 2000) na granule 90. Zde docházelo ke snižování obsahu myrcenu (v případě sklizně 2000) ze 41,90 % rel. na 18,54 %, zvyšování obsahu karyofylenu ze 4,50 % na 7,51 % rel, zvyšování obsahu humulenu ze 16,80 % na 29,99 % rel. (tj. 178 % původního obsahu) a zvyšování obsahu farnesenu ze 12,00 % na 16,51 % (tj. 138 %).

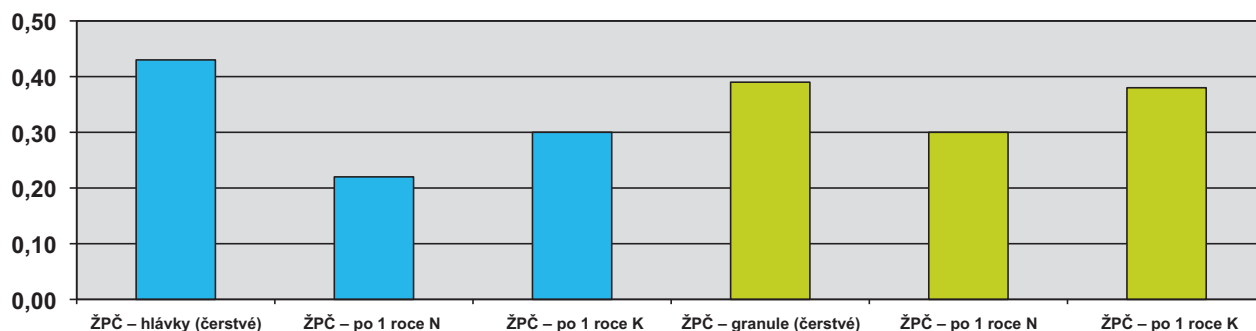
#### Skladování 2000

Z hodnocení obsahu chmelových silic vyplývá, že z hlediska stability chmelových silic je nejvýhodnější varianta, kdy se chmel umístí do klimatizovaného skladu. Na obrázku 1 můžeme vidět obsahy chmelových silic u ŽPČ v hlávkovém chmelu, v čerstvě vyrobených granulích a následně po roce skladování v klimatizovaném a neklimatizovaném skladu.

Je zde velmi dobře vidět průběh a chování chmelových silic během skladování. Např. u hlávkového chmele ŽPČ byl pokles po 1 roce skladování

Graph 1 Changes in content of hop oils during aging of hops Saaz (cones x pellets 90) in ml/100 g of hops

Obrázek 1 Změny obsahu chmelových silic během stárnutí chmele ŽPČ (hlávky x granule 90) v ml/100 g chmele



Saaz-cones (fresh) Saaz – after 1 year Saaz (N) Saaz – after 1 year (K) Saaz – pellets (fresh) Saaz – after 1 year (N) Saaz – after 1 year (K)

in freshly made pellets and subsequently after one year of storage in air-conditioned and non air-conditioned warehouses.

It shows the course and behavior of the hop essential oils during the storage very well. E.g., in case of the Saaz hop cones, the drop was, after 1 year of storing, almost 48.8 % of hop essential oils (in case of non air-conditioned warehouse) and 30 % (in case of air-conditioned warehouse). The drop was much softer in case of the pellets type 90. The pellets located in the non air-conditioned warehouse lost only 23 % of its hop essential oils, unlike the granules in the air-conditioned, where no losses were detected.

Also, the composition of the hop essential oils in hop cones and granulated hops changed – see fig. 2.

Some of these changes were very pronounced. In Saaz (hop cones), the content of myrcene dropped from 41.9 % to 3.43 % (to 8.2 % of the original condition in case of non air-conditioned warehouse) and to 17.73 % in the air-conditioned warehouse (to 42.3 % of the original condition). In the case of pellets, the myrcene content dropped from 18.54 % to 9.22 % rel. (which is 49.7 % of the original condition), resp. to 15.64 % (i.e. 84.4 % of the original condition). In the case of caryophyllene, the content in hop cones dropped from 4.5 % to 2.12 % (to 47.1 % of the original value in non air-conditioned warehouse) and to 3.43 % in air-conditioned warehouse (i.e. 76.2 % of the original value). The following changes were observed in the pellets: The content remained at approximately the same value in the cases of the non air-conditioned warehouse – originally, the content was 7.51 % after one year 7.67 % rel. In case of the air-conditioned warehouse, the content of caryophyllene 8.49 % rel. (i.e. 113.0 % of the original value). The following was learned regarding humulene: The humulene content in hop cones located in the non air-conditioned warehouse dropped from 16.8 % to 9.41 % rel. (i.e. 56 % of the original value) and in the air-conditioned warehouse only 12.33 % (i.e. 73.4 % of the original value). In the case of pellets, the decrement was 24.7% in the case of the non air-conditioned warehouse and 20.9 % in the case of the air-conditioned warehouse. In case of farnesene, the hop cones saw a decrease from 12.0 % to 1.43 % rel. (i.e. only 11.9 % of the original value, in the non air-conditioned warehouse) and to 6.94 % rel. (i.e. 57.8 % of the original value, in the air-conditioned warehouse). This confirmed the high instability of farnesene sesquiterpen published already by Tressl (2). While bergamotene is relatively stable, in case of farnesene, there was a dramatic drop, even at storing temperature 0 °C. Other sesquiterpens, despite that it is known that they are easily subject to auto-oxidation, proved to have much better stability.

The stored pellets went through a similar course as the hop cones, but the changes were not so significant – see fig. 2. The farnesene content dropped from 16.51 % to 8.86 % (i.e. 53.7 % of the original value, in the non air-conditioned warehouse) and to 15.80 % rel. (i.e. 95.7 % of the original value, in the air-conditioned warehouse).

téměř 48,8 % chmelových silic (u neklimatizovaného skladu) a 30 % (u klimatizovaného). Daleko mírnější pokles byl v případě granulí 90. Granule umístěné v neklimatizovaném skladu ztratily pouze 23 % svých chmelových silic, zatímco u granulí v klimatizovaném skladu nebyly zjištěny žádné ztráty.

Složení chmelových silic u hlávkového a granulovaného chmele, viz obrázek 2, se také měnilo.

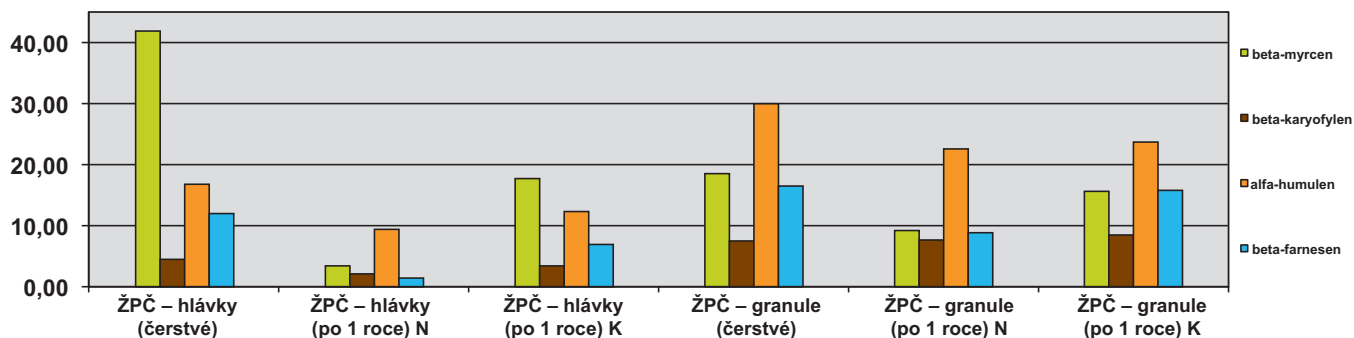
Některé tyto změny byly velmi markantní. U Žateckého poloraného červeňáku ŽPČ (hlávky) poklesl obsah myrcenu ze 41,9 % na 3,43 % (na 8,2 % původního stavu v případě neklimatizovaného skladu) a na 17,73 % v klimatizovaném skladu (na 42,3 % původního stavu). U granulí byl pokles myrcenu z 18,54 % na 9,22 % rel. (což je 49,7 % průvodního stavu), resp. na 15,64 % (tj. 84,4 % původního stavu). V případě karyofylenu v hlávkách, jeho obsah poklesl ze 4,50 % na 2,12 % (na 47,1 % pův. hodnoty v neklimatizovaném skladu) a na 3,43 % v klimatizovaném skladu (tj. 76,2 % pův. hodnoty). U granulí byly pozorovány následující změny. Obsah zůstal přibližně na stejné hodnotě v případě neklimatizovaného skladu – původně byl obsah 7,51 % po 1 roce 7,67 % rel. U klimatizovaného skladu byl obsah karyofylenu 8,49 % rel. (tj. 113,0 % původního stavu). U humulenu byl nalezen tento průběh: obsah humulenu v hlávkovém chmelu umístěném v neklimatizovaném skladu klesl z 16,80 % na 9,41 % rel. (tj. 56 % původního obsahu) a v klimatizovaném skladu pouze 12,33 % (tj. 73,4 % původního obsahu). V případě granulí byl úbytek 24,7 % u neklimatizovaného skladu a 20,9 % u klimatizovaného skladu. U farnesenu byl u hlávkového chmele po roce skladování pokles z 12,0 % na 1,43 % rel. (tj. pouze 11,9 % původního stavu, v neklimatizovaném skladu) a na 6,94 % rel. (tj. 57,8 % původního obsahu, v klimatizovaném skladu). Potvrdila se tak vysoká nestabilita seskviterpenu farnesenu, kterou publikoval již Tressl (2). Zatímco bergamoten je relativně stabilní, u farnesenu docházelo k drastickému poklesu, dokonce i při teplotách skladování 0 °C. Ostatní seskviterpeny, přestože je o nich známo, že podléhají snadno autooxidaci, prokázaly daleko vyšší stabilitu.

U skladovaných granulí byl podobný průběh jako u hlávkového chmele, ale změny nebyly tak výrazné – viz obrázek 2. Obsah farnesenu klesl z 16,51 % na 8,86 % (tj. 53,7 % původního stavu, u neklimatizovaného skladu) a na 15,80 % rel. (tj. 95,7 % původního stavu, u klimatizovaného skladu).

Podobný průběh má i obsah oxidovaných sloučenin (karyofylen oxidu a humulen epoxidu), varianty umístěné v neklimatizovaném skladu, měly vždy vyšší nárůst než u klimatizovaných skladů. U hlávek byl zjištěn nárůst oxidovaných sloučenin 165 % (u neklimatizovaného skladu) a 195 % rel. (u klimatizovaného skladu), což bylo neočekávané. Zde se pravděpodobně v plném rozsahu projevila nevýhoda hlávkového chmele – jeho špatná homogenita. Odběr vzorků z různých částí balotu může dát i odlišné hodnoty, proto je vždy důležité vyvzorkovat takoveto balení z několika úrovní balotu a dobře promíchat. U granulovaného chmele už byl

Graph 1 Changes in content of hop oils during storage Saaz (cones x pellets 90) in % rel.

Obrázek 2 Změny složení chmelových silic během skladování ŽPČ (hlávky x granule 90) v % rel.



Saaz-cones (fresh) Saaz-cones – after 1 year (N) Saaz-cones – after 1 year (K) Saaz – pellets (fresh) Saaz – pellets – after 1 year (N) Saaz – pellets – after 1 year (K)

Also, the oxidized compounds have the similar course (caryophyllene oxide and humulene epoxide); the variants located in the non air-conditioned warehouse always had a higher increase than in the case of the air-conditioned warehouses. In case of hop cones, the increase of oxidized compounds was 165 % (in the non air-conditioned warehouse) and 195 % rel. (in the air-conditioned warehouse), which was unexpected. This probably showed, to its full extent, the disadvantage of the hop cones – its bad homogeneity. The sample collection from various parts of the packaging can result in different values; therefore, it is always important to sample such packaging from several levels and mix well. The course, in the case of the granulated hop, was already expected. The pellets located in the air-conditioned warehouse did not show any growth of oxidized compounds, whereas the pellets located in the non air-conditioned warehouse showed growth of such substances by 187.9 % rel. How big the changes in composition of hop essential oils can be is documented also by GC-MS chromatogram on figure 3.

### Conclusion

1. Processing the hop cones into pellets results in a decrease in content of hop essential oils in the pellets. The pellets type 90 contain, on average, 94 % of the original content of oils, the enriched pellets type 45 contain, on average, 160 % of the original content of hop essential oils. Also, the composition of the hop essential oils changes during hop granulation – the content of myrcene is decreasing and the content of sesquiterpens is increasing (caryophyllene, humulene and farnesene).
2. We have proven the unquestionable positive influence of hops processing on the stability of the hop aromatic substances. The best stability of hop essential oils was proven in the case of pellets located in the air-conditioned warehouse. In case of the pressed hops, the drop was, after 1 year of storing, almost 48.8 % of hop essential oils (in the case of the non air-conditioned warehouse) and 30 % (in the case of the air-conditioned warehouse). The drop was much softer in case of the pellets type 90. The pellets located in the non air-conditioned warehouse lost only 23 % of their hop essential oils, unlike the pellets in the air-conditioned warehouse, where no losses were detected.
3. Sesquiterpen farnesene is a very unstable compound. In case of storing in unfavorable conditions (harvest 2000, 1 year of storing in the non air-conditioned warehouse), its content dropped to 11.9 % of its original value (from 12.00 % rel. to 1.43 %).
4. In case of bad conditions of processing (e.g. insufficient cooling of granulator) or warehousing, an increase in oxidizing products of hop essential oils may occur. The main oxidizing products of the oxidizing are caryophyllene oxide and humulene epoxide.

### Literature:

1. Kroupa F.: Objective characteristics of hop aroma of Czech hops and hop products, Dissertation thesis, VŠCHT Prague, 2007
2. Tressl R. et al.: J. Agric. Food Chem., 1978, 26, 1426



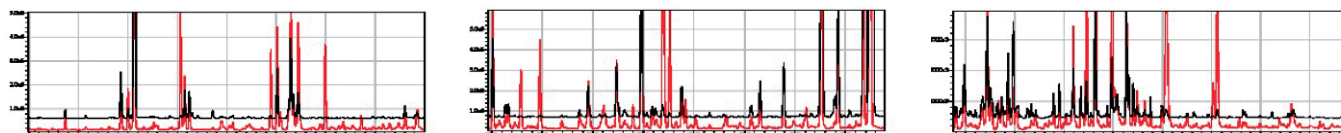
očekávaný průběh. Granule umístěné v klimatizovaném skladu nevykazovaly žádný nárůst oxidovaných sloučenin, zatímco granule umístěné v neklimatizovaném skladu vykazovaly nárůst těchto látek o 187,9 % rel.. Jak velké jsou změny ve složení chmelových silic dokumentuje GC-MS chromatogram na obrázku 3.

### Závěr

1. Zpracování hlávkového chmele na granule má za následek snížení obsahu chmelových silic v granulích. Granule typu 90 obsahují v průměru 94 % původního obsahu silic, obohacené granule typu 45 obsahují v průměru 160 % původního obsahu chmelových silic. Při granulaci chmele se rovněž mění složení chmelových silic – klesá obsah myrcenu a stoupá obsah seskviterpenů (karyofylenu, humulenu a farnesenu).
2. Byl prokázán jednoznačně kladný vliv zpracování chmele na stabilitu aromatických látek chmele. Nejlepší stabilita chmelových silic byla prokázána u granulí umístěných v klimatizovaném skladu. U lisovaného chmele byl pokles po 1 roce skladování téměř 48,8 % chmelových silic (u neklimatizovaného skladu) a 30 % (u klimatizovaného). Daleko mírnější pokles byl v případě granulí 90. Granule umístěné v neklimatizovaném skladu ztratily pouze 23 % svých chmelových silic, zatímco u granulí v klimatizovaném skladu nebyly zjištěny téměř žádné ztráty.
3. Seskviterpen farnesen je velice nestabilní sloučenina. Při skladování za nepříznivých podmínek (sklizeň 2000, 1 rok skladování v neklimatizovaném skladu) jeho obsah klesl až na 11,9 % jeho původní hodnoty (ze 12,00 % rel. na 1,43 %).
4. Při špatných podmínkách zpracování (např. nedostatečné chlazení granulátoru) nebo skladování může docházet ke zvýšení oxidačních produktů chmelových silic. Hlavními oxidačními produkty oxidace jsou karyofylen oxid a humulen epoxidy.

### Literatura:

1. Kroupa F.: Objektívni charakteristika chmelového aroma českých chmelů a chmelových výrobků, Disertační práce, VŠCHT Praha, 2007
2. Tressl R. et al.: J. Agric. Food Chem., 1978, 26, 1426



**Figure 3 GC-MS chromatogram of changes of hop essential oils of Saaz during storing (divided in three parts due to the length of the chromatogram) – red color – Saaz hop cones (harvest 2000) stored in the non air-conditioned warehouse (approx. after one year of warehousing), the oil content 0.22 ml/100g of hops, black color – Saaz pellets (harvest 2000) stored in the non air-conditioned warehouse (approx. after one year of warehousing), oils content 0.38 ml/100g of hops**

**Obrázek 3 GC-MS chromatogram změn chmelových silic ŽPČ během skladování (z důvodu délky chromatogramu rozdělený na 3 části) – červená barva – hlávkový ŽPČ (sklizeň 2000) skladovaný v neklimatizovaném skladu (cca po roce skladování), objem silic 0,22 ml/100g chmele, černá barva – granule ŽPČ (sklizeň 2000) skladované v neklimatizovaném skladu (cca po roce skladování), objem silic 0,38 ml/100g chmele**