

намного повысить качество получаемого корма, и имеет ряд преимуществ по показателям экологической безопасности. В небольших и средних крестьянских хозяйствах Латвии (с поголовьем до 160 коров) при сложившемся уровне цен на технику использование модернизированных рулонных прессов ПР-Ф-110 позволяет обеспечить наиболее полную загрузку в течение сезона и наименьшую себестоимость получаемых кормов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ivanov S., Matisans E. Economical and ecological aspects of using the roll technology of forage processing and flax harvesting. // Ecology and agricultural machinery. Proceedings of the 2. International Scientific and Practical Conference. Saint-Petersburg-Pavlovsk, NW NIIMESH, 2000. s.115-119

ENERGOEKONOMISKAS BIŠKOPĪBAS PRODUKTU APSTRĀDES TEHNOLOĢIJAS ENERGOECONOMIC PROCESSING TECHNOLOGIES FOR BEE FARMING PRODUCTS

Aivars Kaķītis, Dr. sc. ing.

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Mehānikas institūts

J.Čakstes bulv. 5, Jelgava, LV-3001 Tālr. 3005671 E-mail aka@cs.ltu.lv

Abstract. The important problem of bee collected pollen and beeswax production is cutting of costs and increasing of working efficiency. Novel technologies of bee collected pollen drying and beeswax melting is described in the article. Pollen kiln with the air recurrent allows reducing the total energy consumption for drying from 4800W to 670W. It is stated that 2.5cm thick heat insulation of drying box reduces heat losses from 2050W to 190W.

Honeycombs melting in the dry-air beeswax melting-house reduce energy consumption to 0.94 kWh/kg wax. The melting temperature $t^{\circ}=130^{\circ}\text{C}$ disinfects wooden parts of honeycombs and wax. Heat energy losses through melting-house walls is 300W. Key words: bees, beeswax melting, pollen drying

Pētījumu objekts un metodes

Ekonomiski izdevīga saimniekošana laukos šobrīd iespējama attīstot dažādas palīgnozares. Viena no ienesīgākajām palīgnozārēm vidējā lauku saimniecībā Latvijā ir biškopība. Modernā biškopībā produktu sortiments pieaudzis un patērētājam tiek piedāvāti ziedputekšņi, propoliss, bišu inde. Biškopība ir nozīmīga ne tikai kā vērtīgas produkcijas avots, bet arī kā dabiskas, nepiesārņotas vides indikators un lauku kultūrainavas elements.

Biškopības produktus var izmantot tiešā, nepārstrādātā veidā (medu, ziedputekšņus, propolisu). Tiem nepieciešama tikai fasēšana vai pirmapstrāde (kaltēšana, šķirošana). Ziedputekšņu kaltēšanai un vaska kausēšanai nepieciešama paaugstināta temperatūra, un tāpēc, izmantojot tradicionālās tehnoloģijas, nevajadzīgi tiek patērēts liels enerģijas daudzums, kas padara procesus ekonomiski neizdevīgus un arī nelabvēlīgi ietekmē apkārtējo vidi.

Pētījumu mērķis – izstrādāt un eksperimentāli pārbaudīt energoekonomiskas tehnoloģijas un iekārtas ziedputekšņu kaltēšanai un vaska kausēšanai.

Pētījumi tika veikti teorētiski, analizējot ziedputekšņu kaltēšanas un vaska kausēšanas procesus un nosakot iespējamus ceļus enerģijas zudumu samazināšanai un procesa efektivitātes paaugstināšanai. Eksperimentālie pētījumi veikti, nosakot izgatavoto iekārtu darbības parametrus laboratorijā un arī ražošanas apstākļos dravās. Lai noskaidrotu kaltes efektivitāti, tika noteikta tās siltuma bilance un ziedputekšņu kušanas intensitāte. Mērījumi izdarīti, izmantojot firmas *Picolog* datu uzkrāšanas un apstrādes iekārtas un programmatūru. Mērījumu rezultāti automātiski tika pierakstīti datora atmiņā un vēlāk analizēti.

Eksperimentāli noteikta vaska kausētavas siltuma bilance un vaska atlikums šūnas ar dažādu sākotnējo vaska saturu, kausējot sausā gaisā. Vaska atlikums tika noteikts, ekstrahējot pārkausētās šūnas organiskajos šķīdinātājos.

Ziedputekšņu kaltēšana

Kvalitatīvu ziedputekšņu ieguvē viens no energoietilpīgākajiem procesiem ir kaltēšana. Lai iegūtu augstas kvalitātes putekšņus, kaltei jānodrošina šādi parametri:

- ◆ kaltēšanai jānoris temperatūrā, kura nepārsniedz 42°C, augstākā temperatūrā notiek gaistošo vielu izdalīšanās un līdz ar to kvalitātes pazemināšanās;
- ◆ ziedputekšņi jāizkaltē līdz kondīcijas mitrumam (8%) 24 stundu laikā;
- ◆ kaltes ietilpībai jānodrošina 35 – 40 kg svaigu ziedputekšņu kaltēšana. Šāds daudzums ir pietiekošs 100 saimju dravas ražoto putekšņu kaltēšanai.

Lai novērtētu enerģijas patēriņu, tika sastādīts kaltes siltuma bilances vienādojums, kurš izsaka kaltes patērēto siltuma jaudu N_k :

$$N_k = N_s + N_m + N_i + N_g, \quad (1)$$

kur N_s – siltuma zudumu jauda caur kaltes sienām, W,

N_m – materiāla (putekšņu) uzsildīšanai nepieciešamā jauda, W,

N_i – ūdens iztvaicēšanai patērētā jauda, W,

N_g – caurplūstošā gaisa uzsildīšanai patērētā jauda, W.

Siltuma zudumi ziedputekšņu kaltē:

1) caur kaltes sienām,

$$N_s = \frac{A \cdot \Delta t}{\left(\frac{\delta_v}{\lambda_v} + \frac{\delta_k}{\lambda_k} \right)}, \quad (2)$$

kur A – kaltes ārējo virsmas laukums, m²,

Δt – temperatūras starpība, °C,

λ_v – siltumizolācijas materiāla (akmens vate) īpatnējā siltumvadītspēja, W/m·K,

δ_v – siltumizolācijas biezums, m,

λ_k – īpatnējā vadītspēja kokam, W/m·K,

δ_k – saplākšņa biezums, m;

2) masas uzsildīšanai,

$$N_m = \frac{m_z \cdot c_z \cdot \Delta t}{\tau}, \quad (3)$$

kur m_z – ziedputekšņu masa, kg,

c_z – ziedputekšņu siltumietilpība, kJ/kg·deg,

τ – kaltēšanas laiks, $\tau = 20$ stundas;

3) ūdens iztvaicēšanai,

$$N_i = \frac{c_{\text{ūd}} \cdot m_{\text{ūd}} \cdot \Delta t + m_{\text{ūd}} \cdot r}{\tau}, \quad (4)$$

kur $c_{\text{ūd}}$ – ūdens siltumietilpība, kJ/kg-deg,

$m_{\text{ūd}}$ – iztvaicējamā ūdens masa, kg,

r – ūdens iztvaikošanas siltums, kJ/kg;

4) caurplūstošā gaisa uzsildīšanai,

$$N_g = c_g \cdot q \cdot \rho_g \cdot \Delta t, \quad (5)$$

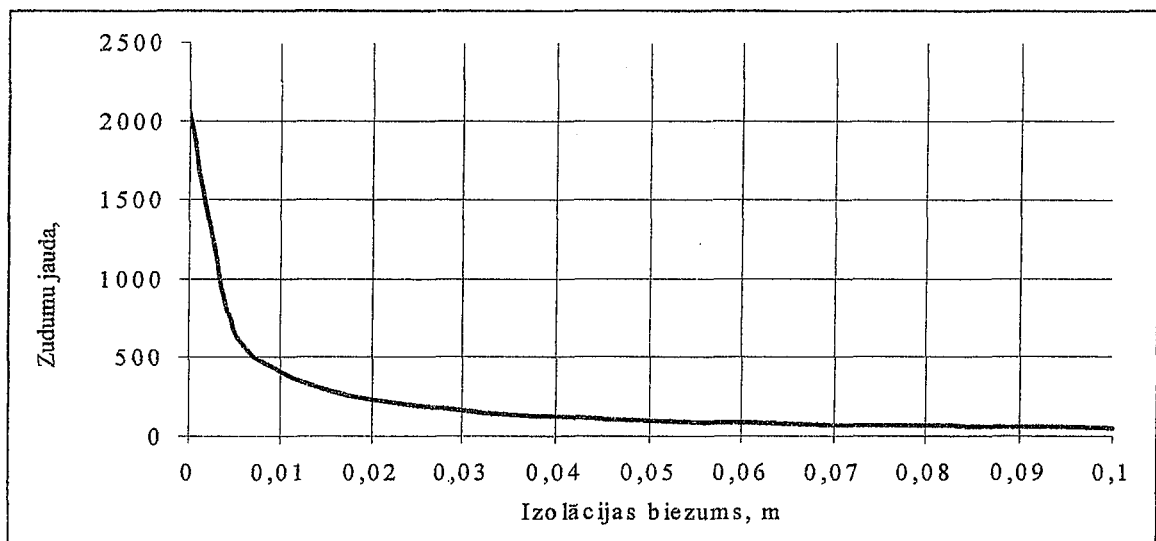
kur c_g – gaisa īpatnējā siltumietilpība, kJ/kg-deg,

q – gaisa plūsma, m³/s,

ρ_g – gaisa blīvums, kg/m³.

Lai noskaidrotu enerģijas patēriņa iemeslus, tika analizētas dravās izmantojamās ziedputekšņu kaltes un noteikta to siltuma bilance. Pētījumi tika veikti ar ziedputekšņiem, kuru sākotnējais mitrums bija 26%, kaltes tilpums $V_k = 0.65\text{m}^3$ un ārējās virsmas laukums $A = 4.5\text{m}^2$.

No siltuma bilances vienādojuma varam secināt, ka kaltēšanas procesa norisei nepieciešams patērēt jaudu N_m masas uzsildīšanai līdz noteiktajai temperatūrai, putekšņos esošā ūdens iztvaicēšanai N_i un ūdens iznesei ar caurplūstošo gaisu N_g . Siltuma zudumi caur kaltes sienām N_s ir nelietderīgi patērētā jauda. Siltuma zudumu jauda caur kaltes sienām mainās atkarībā no siltumizolācijas biezuma (1. attēls). Aprēķinā pieņemts, ka kalte izgatavota no saplākšņa ar kopējo biezumu 10mm. Siltumizolācijai izmantota akmens vate. Temperatūras starpība $\Delta t = 30^\circ\text{C}$.



1. att. Siltuma zudumu jauda caur kaltes sienām atkarībā no siltumizolācijas slāņa biezuma

Siltuma zudumi caur kaltes sienām bez siltumizolācijas pārsniedz 2 kW. Siltumizolējot kaltes sienas ar 2.5 cm biezu akmens vates slāni, siltuma zudumi samazinās vairāk nekā 10 reizes.

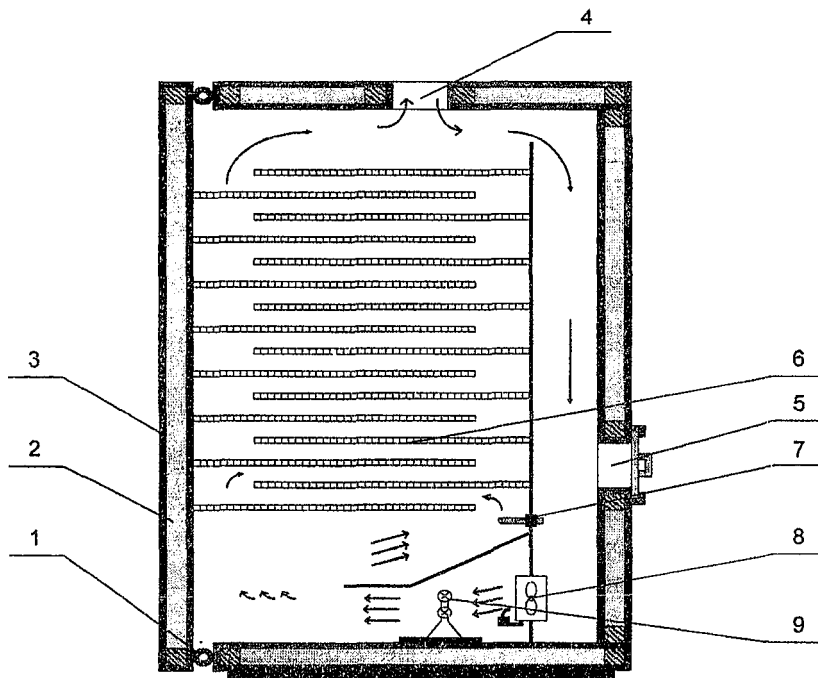
Enerģijas patēriņš kaltējamo ziedputekšņu uzsildīšanai līdz kaltēšanas temperatūrai un ūdens iztvaicēšanai nemainās atkarībā no kaltēšanas veida. Vidējā jauda putekšņu uzsildīšanai, aprēķinot pēc 3. formulas $N_m = 40W$ un ūdens iztvaicēšanai $N_i = 228W$ (aprēķinot pēc 4. formulas). Enerģijas patēriņš ūdens tvaika iznesei no ziedputekšņiem atkarīgs no caurplūstošā gaisa daudzuma un gaisa temperatūras (5. formula). Gaisa daudzums, kas nepieciešams ūdens iznesei, atkarīgs no apkārtējās vides gaisa temperatūras, gaisa relatīvā mitruma, ziedputekšņu sākotnējā mitruma un kaltēšanas temperatūras. Aprēķini tika veikti atbilstoši eksperimentālās iekārtas darbības parametriem: apkārtējā gaisa temperatūra $t_v=15^{\circ}C$ un relatīvais mitrums $\phi_0=57\%$, ziedputekšņu sākotnējais mitrums $W_0=26\%$ un kaltēšanas temperatūra $t^{\circ}=40^{\circ}C$.

Aprēķini parādīja, ka šādos apstākļos ūdens iznesei nepieciešamā gaisa plūsma ir $q=19.1m^3/h$. un tā uzsildīšanai nepieciešamā vidējā jauda 171W.

Praktiski, lai nodrošinātu pietiekamu mitruma iznesi no ziedputekšņu slāņa, nepieciešams tajā nodrošināt gaisa plūsmas ātrumu ap 0.5 m/s. Nepieciešamā gaisa padeve $q_g=260m^3/h$ un caurplūstošā gaisa uzsildīšanai nepieciešamā jauda $N_g=2700W$. Kopējā kaltes patērētā jauda sasniedz 4800W (kaltei bez siltumizolācijas). Lai nodrošinātu normālu kaltes darbību nelabvēlīgos apkārtējās vides apstākļos, nepieciešama lielāka sildītāja jauda $N=6 kW$.

Aprēķina rezultāti parādīja, ka lielākais enerģijas daudzums tiek patērēts siltuma zudumu kompensēšanai caur kaltes sienām un caurplūstoša gaisa uzsildīšanai.

Lai tālāk samazinātu kaltes patērēto enerģiju, jāsamazina caurplūstoša gaisa uzsildīšanai nepieciešamā jauda. Labu efektu dod caurplūstoša gaisa atkārtota izmantošana kaltēs ar gaisa recirkulāciju [1].



2. att. Ziedputekšņu kalte ar gaisa recirkulāciju

1. Blīvējums; 2. Akmens vate; 3. Saplāksnis; 4. Gaisa lūka; 5. Regulējama gaisa lūka; 6. Žāvēšanas siets; 7. Temperatūras mērpārveidotājs; 8. Ventilators, 9. Sildītājs.

LLU Lauksaimniecības mašīnu mehānikas zinātniskajā laboratorijā sadarbībā ar Latvijas biškopības biedrību tika izstrādāta un izmēģināta ziedputekšņu kalte ar gaisa recirkulāciju (skat. 2.att.). Kaltes parametri doti 1. tabulā.

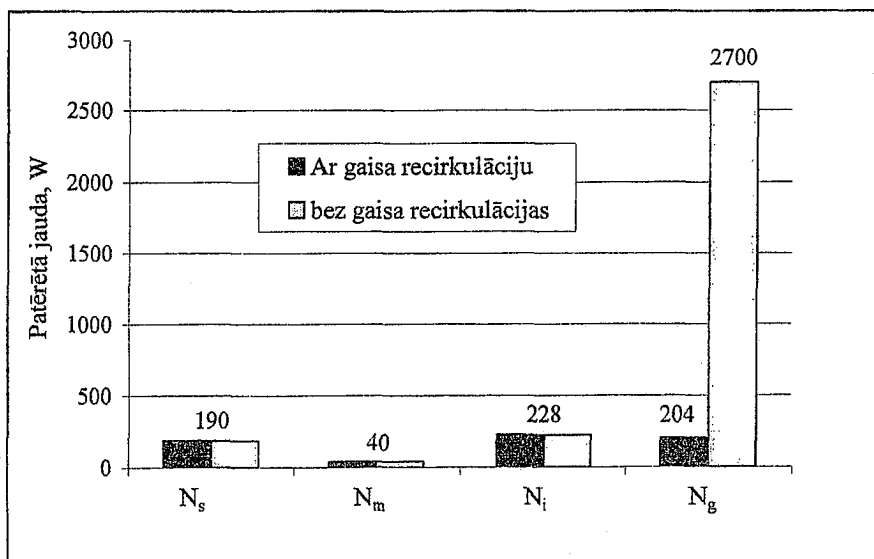
1. tabula

Ziedputekšņu kaltes parametri

Parametrs	Vērtība
Kaltes izmēri (platums x dziļums x augstums, m)	0.5x0.75x1.5
Mitru ziedputekšņu daudzums, kg (max)	40
Sildītāja jauda, kW	1.2
Kaltēšanas temperatūra, °C	36 – 45
Ventilatora gaisa padeve, m ³ /h	260
Vidējais kaltēšanas laiks, h	16 – 20*
Enerģijas patēriņš, kWh/kg putekšņu	1.2*

* parametri iegūti, kaltējot putekšņus ar sākotnējo mitrumu $W=26\%$, ar gaisa temperatūru $+20\text{ °C}$ un mitrumu $\varphi=57\%$. Parametri var mainīties atkarībā no putekšņu sākotnējā mitruma un apkārtējā gaisa temperatūras un mitruma.

Kaltes patērētās jaudas (vatos) salīdzinājums kaltei ar gaisa recirkulāciju un kaltei bez gaisa recirkulācijas redzams 3. attēlā. Kā redzams, gaisa recirkulācija ļauj samazināt gaisa uzsildīšanai patērēto jaudu vairāk nekā 10 reizes.



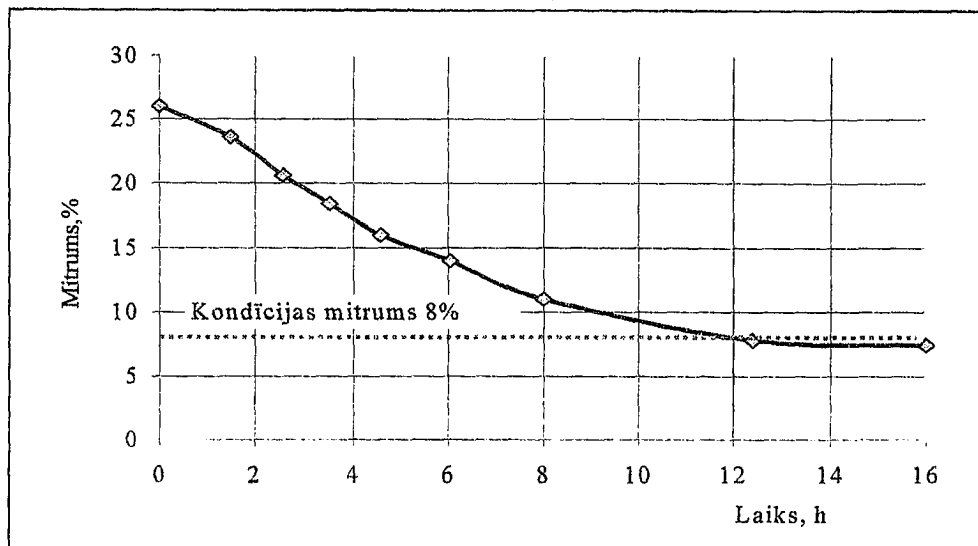
3. att. Ziedputekšņu kaltēšanas procesa patērētās jaudas salīdzinājums

Kopējā vidēji patērētā jauda ziedputekšņu porcijas izkaltēšanai nepārsniedza 670W, kas ir ievērojami mazāk nekā izmantojot tradicionālas kaltes. Ziedputekšņu mitruma izmaiņa atkarībā no kaltēšanas laika redzama 4.attēlā. Nepieciešamais mitrums $W = 8\%$ tika sasniegts jau pēc 12 stundu ilgas kaltēšanas.

Vaska kausēšana

Sekmīga dravošana un biškopības produktu ražošana nav iespējama bez vaska ieguves. Katra bišu saime sezonā spējīga saražot līdz 2.5 kg vaska. Patlaban Latvijā vidēji

iegūst 0.5 – 0.6 kg vaska no saimes. Dravā saražoto vasku biškopji galvenokārt izmanto apmaiņai pret mākslīgajām šūnām, taču tas varētu būt arī vērtīga eksportprece. Parasti šūnu pārkausēšanu vaskā biškopji izdara paši. Bieži tiek izmantotas mūsu gadsimta divdesmitajos un trīsdesmitajos gados izstrādātās metodes [2]. Visbiežāk vecas šūnas tiek vārītas ūdenī un pēc tam izspiestas vaska spiedē. Lai šādā veidā no tumšajām šūnām iegūtu kvalitatīvu vasku, pārkausēšana jāveic 2 vai vairāk reizes (skat 2. tabulu).



4.att. Ziedputekšņu mitruma izmaiņas atkarībā no kaltēšanas laika.

Nepieciešamais mitrums $W=8\%$ tika sasniegts jau pēc 12 stundu ilgas kaltēšanas.

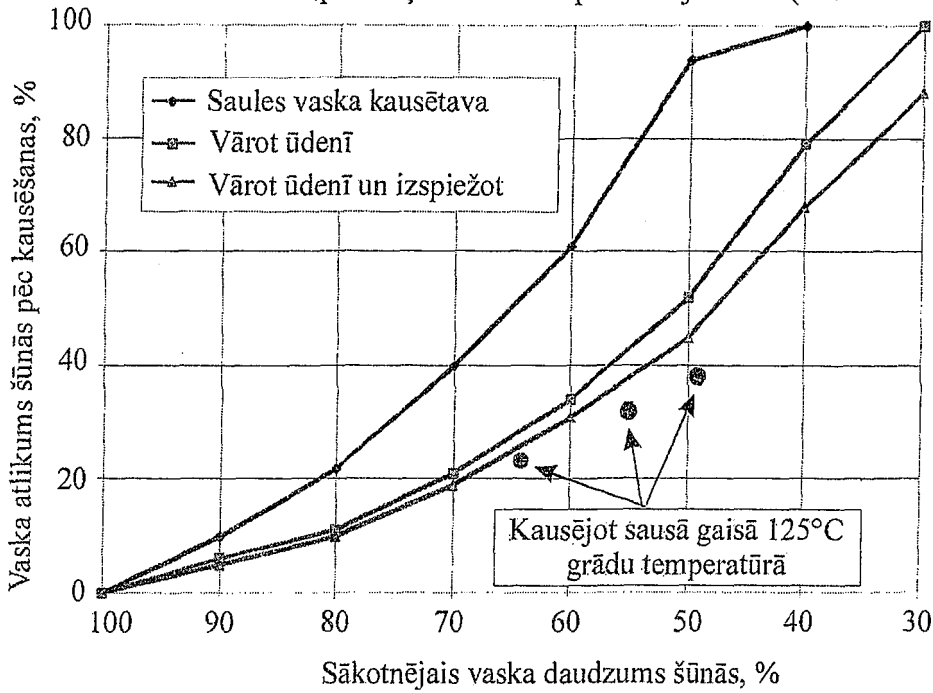
2. tabula

Šūnu kausēšanas metožu salīdzinājums

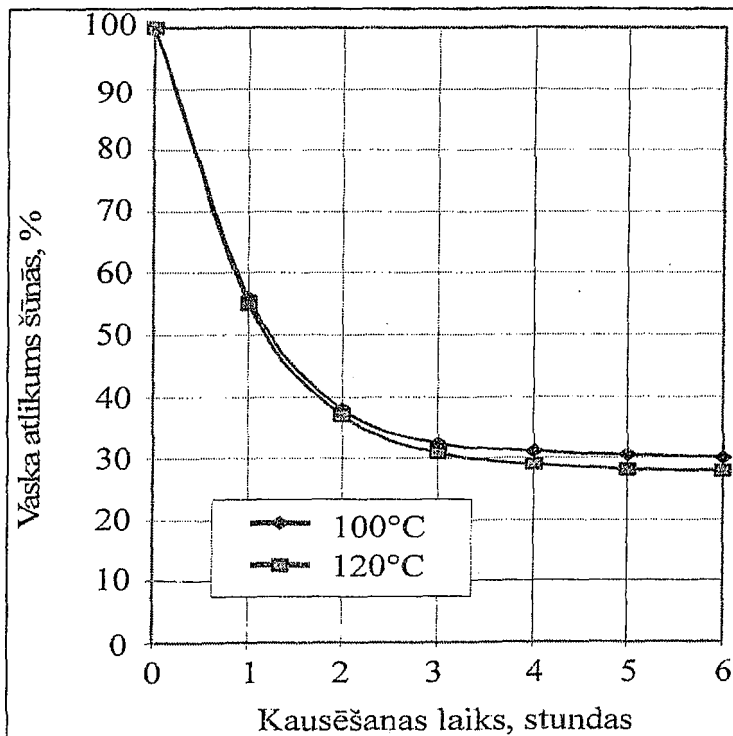
Kausēšanas veids un iekārta	Metodes priekšrocības	Metodes trūkumi
Vārīšana ūdenī + spiešana vaska spiedē	1. Lētas iekārtas 2. Izmanto jebkuru kurināmo	1. Liels darba patēriņš, jo, lai iegūtu kvalitatīvu vasku, tas jāpārkausē 2 – 3 reizes 2. Liels enerģijas patēriņš
Tvaika kausētava	3. Iegūst kvalitatīvu vasku 4. Augsts darba ražīgums 5. Iekārta piemērota lieliem darba apjomiem	3. Liels enerģijas patēriņš 4. Sarežģītas iekārtas
Šūnu pārstrāde centrifūgā	6. Iegūst kvalitatīvu vasku 7. Liels darba ražīgums 8. Augsts vaska ieguves procents	Dārga iekārta, tā piemērota lielām dravām
Saules vaska kausētava	9. Mazs darba patēriņš 10. Iegūst augstas kvalitātes vasku 11. Izmanto saules enerģiju 12. Zema iekārtas cena	5. Zema kausēšanas temperatūra (75 – 80°C), tāpēc nevar iegūt vasku no tumšākām šūnām 6. Iekārta izmantojama tikai vasarā, bet vasku vairāk pārstrādā rudenī, ziemā

Vasku iegūst, pārkausējot vecas šūnas, kuras nosacīti iedala trīs grupās:

- ◆ gaišās šūnas (vaska saturs 100 – 75% no šūnu masas),
- ◆ tumšās šūnas (vaska saturs 75 – 40%),
- ◆ tumšās šūnas ar ziedputekšņu un medus piemaisījumiem (vaska saturs < 40%).



5.att. Vaska atlikums šūnās pēc kausēšanas atkarībā no sākotnējā vaska satura



6. att. Vaska atlikums šūnās, kausējot karstā gaisā

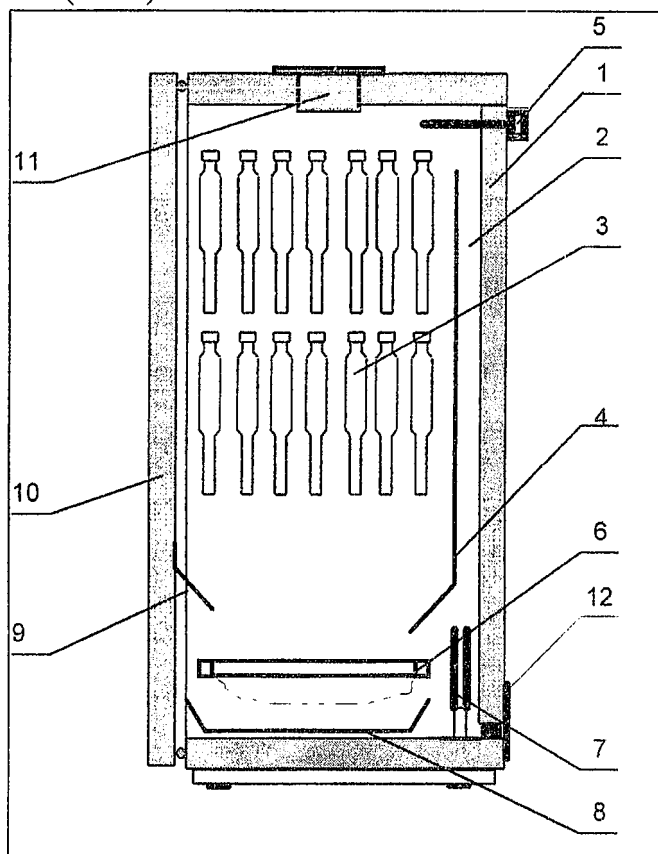
Vasks šūnās atrodas brīvā un saistītā veidā. Pārkausējot šūnas iegūst brīvo vasku un, atkarībā no metodes daļu no saistītā vaska. Pārkausējot šūnas, kurās sākotnējais vaska daudzums nepārsniedz 30%, iegūst mazāk par 10% vaska (skat. 5. att.) [2].

Labai vaska kausētavai jānodrošina šādi galvenie parametri: augsta iegūtā vaska kvalitāte, mazs darba patēriņš, mazs enerģijas patēriņš, pieņemama iekārtas cena. Dotajiem nosacījumiem vislabāk atbilst saules vaska kausētavas, taču tās nedod iespēju iegūt vasku no tumšajām šūnām, jo kausēšanas temperatūra ir zema (2. tabula).

Eksperimentos tika konstatēts, ka, paaugstinot temperatūru līdz 120°C, vaska atlikums čagās nepārsniedz saistītā vaska daudzumu pat ļoti tumšās šūnās ar bišu maizi.

Nosakot vaska izdalīšanās ātrumu tika izmantotas šūnas ar sākotnējo vaska saturu 35%. Paaugstinot temperatūru līdz 120°C, nedaudz samazinās vaska zudumi (6. att), bet kausēšanas laika palielināšana virs 3 – 4 stundām nedod ievērojamu iegūtā vaska daudzuma pieaugumu.

Balstoties uz pētījumu rezultātiem, tika izveidota sausa gaisa vaska kausētava ar elektrisko sildīšanu (7. att.).



7. att. Vaska kausētava.

1.- korpuss, 2.- kanāls, 3.- rāmīši, 4.- karsta gaisa kanāla siena, 5.- termoelements, 6. - filtrs, 7.- sildītājs, 8.- vaska tvertne, 9.- slīpa plāksne, 10.- durvis, 11. - vāks, 12. – aizvars.

Iekārta sastāv no skapja, kura korpuss 1 izgatavots no saplākšņa ar akmens vates siltumizolāciju. Skapja iekšpuse izgatavota no cinkota skārda. Sildītājs 7 novietots skapja aizmugures apakšējā daļā. Izkusušais vasks pārvietojas caur auduma filtru 6, kurā paliek cietas piemaisījumu daļiņas. Šādā veidā tiek iegūts tīrs vasks.

Efektīvu siltuma plūsmu nodrošina aizmugures daļā izveidots kanāls 2. Vaska uzkrāšanai kausētavā ievieto tvertni 8. Čagu uzkrāšanai virs tvertnes uz līstītēm novieto filtru 6. Rāmīšus 3 ar pārkausējamām šūnām novieto kausētavas augšējā daļā. Šādā veidā sakārtotā kausētavā tiek nodrošināta karsta gaisa plūsma, kura aptver gan rāmīšus ar šūnām, gan čagu filtru. Nemainīgu kausēšanas temperatūru nodrošina termoregulators

- ◆ no rāmīšiem,
- ◆ pārkausēt izgrieztās šūnas.

Kausējot šūnas pēc pirmās metodes, rāmīšus attīra no propolisa un iekarina kausētavā līdzīgi kā stropā. Kausētavā vienlaicīgi var ievietot 28 peru telpas kāres vai 40 medus telpas kāres. Šim paņēmienam ir vairākas priekšrocības:

- augsts darba ražīgums, jo vienlaicīgi tiek veiktas trīs operācijas – izkausēts vasks, atbrīvoti rāmīši no šūnām un veikta rāmīšu dezinfekcija,
- stieples rāmīšos netiek bojātas un kalpo daudz ilgāk,
- iegūtais vasks ir augstas kvalitātes,
- mazs enerģijas patēriņš.

Iekārta ļauj pārkausēt vecās šūnas divos veidos:

- neizgriežot tās;
- iekārtā var pārkausēt arī izgrieztās šūnas. Tās ievieto audekla maisā un ievieto kausētavā.

Kausēšanas temperatūru izvēlas atkarībā no šūnu kvalitātes – gaišajām šūnām 80 – 85°, tumšajām – līdz 130°C.

Ja vaska kausēšanu izdara temperatūrā 130 – 135°C, vasks un rāmīši tiek sterilizēti. Līdz ar to paaugstinās darba ražīgums un samazinās kopējās dravošanas izmaksas.

Pētījumu rezultāti

1. Ziedputekšņu kaltes sienu siltumizolēšana ar 2.5 cm biezu akmens vates slāni, samazina siltuma zudumu jaudu no 2050W uz 190W.
2. Gaisa recirkulācija kaltē samazina siltuma zudumu jaudu no 2700W uz 204W. Kopējā vidējā jauda ziedputekšņu žāvēšanai nepārsniedz 670W. Enerģijas patēriņš uz 1kg izkaltētu ziedputekšņu ir 1.2kWh.
3. Izmainot gaisa recirkulācijas pakāpi un kaltēšanas temperatūru atkarībā no putekšņu izžūšanas pakāpes, var panākt optimālu kaltēšanas režīmu un nodrošināt augstas kvalitātes produkta ieguvu.
4. Šūnu pārkausēšana vaskā sausā gaisa kaltē ļauj iegūt augstas kvalitātes vasku gan no gaišajām šūnām, gan no tumšajām šūnām. Elektroenerģijas patēriņš vidēji nepārsniedz 0.94 kWh/kg vaska. Siltuma zudumi caur kausētavas sienām nepārsniedz 300W ($t^{\circ}=120^{\circ}\text{C}$).
5. Kausētava nodrošina no rāmīšiem neizgrieztu šūnu pārkausēšanu, tādējādi ievērojami paaugstinot darba ražīgumu. Vienlaicīgi ar vaska kausēšanu tiek veikta rāmīšu un vaska dezinfekcija (ja $t^{\circ}=130^{\circ}\text{C}$).

Literatūra

1. Osipovs L. Ķīmijas tehnoloģijas pamatprocesi un aparāti. – Rīga: Zvaigzne, 1991. - 680 lpp.
2. Kaķītis A. Vaska izejvielu pārstrāde dravā. // AGROtops. - Nr.2. – 46. – 47. lpp.