

---

# Šalčio naudojimas duonos ir pyrago gaminių pramonėje

---

**Vygandas Gaigalis,  
Romualdas Škėma,  
Feliksas Zinevičius**

*Lietuvos energetikos institutas,  
Efektyvaus energijos naudojimo tyrimų  
ir informacijos centras,  
Breslaujos g. 3, LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje aprašyta Vakarų šalių duonos ir pyrago gaminių pramonėje sukaupta patirtis naudojant šaldymo techniką ir technologijas. Pateiktas įvairių duonos gamybos sistemų palyginimas. Parodyti duonos gamybos skirtumai. Aprašyti šaldymo ir valdomos fermentacijos technologijos bei oro kondicionavimo įrangos naudojimas. Parodytos šilumos siurblių naudojimo kepyklose galimybės ir pateikti konkretūs energijos taupymo pavyzdžiai.

**Raktažodžiai:** energetika, duonos ir pyrago gaminių pramonė, šalčio technologijos, efektyvus energijos naudojimas, ekonomija

---

## 1. ĮVADAS

Šalčio technologijos ir jų panaudojimas Vakarų šalių duonos gamybos pramonėje kasmet įgauna vis svaresnę reikšmę. Technologinė pažanga šiame sektoriuje eina šaldymo technologijų bei šaldymo technikos, kuri leistų modifikuoti normalų duonos gamybos procesą ir, nepriklausomai nuo įprastinio kepimo, gaminti žaliavinę produkciją arba dalinai apkeptą duoną, efektyvesnio naudojimo kryptimi [1]. Pastarosios produkcijos gamyba bei atsiradę jos realizavimo vadinamieji „karšti taškai“ labai sumažino paprastos duonos suvartojimą bei itin konkuravo su įprastine duonos ir pyrago gaminių pramone.

Straipsnio tikslas – supažindinti Lietuvos duonos ir pyrago gaminių gamintojus su Vakarų šalių duonos ir pyrago gaminių pramonėje naudojamomis šalčio technologijomis bei realiais pavyzdžiais parodyti technologijų privalumus ir ekonominę naudą. Be to, ypač daug dėmesio skirta šilumos siurblių naudojimui kepyklose galimybėms.

## 2. ŠALČIO TECHNOLOGIJOS

Šalčio technologijos duonos gamyboje vis plačiau taikomos dėl jų lankstumo, kurio dėka jos gali būti integruotos kaip gamybos proceso dalis, ir dėl teikiamų pranašumų.

Šalčio technologijų panaudojimo privalumai:

– leidžia nutraukti pradėtą duonos gamybos procesą ir žaliavinę duoną gaminti nepriklausomai nuo kepimo proceso;

– naktinė pamaina gali pradėti darbą vėliau, pagal iš anksto sudarytą tvarkaraštį;

– duona gali būti gaminama pagal poreikį – tik tiek, kiek bus suvartota.

Šaldymas, užšaldytos tešlos panaudojimas ir dalinai apkeptos duonos gamyba yra 3 pagrindinės alternatyvos, leidžiančios bet kuriuo paros metu turėti šviežiai iškeptą duoną. 1 lentelėje pateiktas įvairių duonos gamybos sistemų palyginimas [2].

Šaldymo technologijų panaudojimas kepimo pramonėje leidžia modifikuoti gamybos procesą. Pavyzdžiui, gali būti atšaldomas įmaišomas į tešlą vanduo, įrengiamas įvairių darbinių plotų oro kondicionavimas esant 15–16°C temperatūrai arba valdomas fermentacijos procesas.

### *Keptos duonos šaldymas.*

Tik ką iškepta duona užšaldoma ir saugoma tol, kol bus panaudota. Tolesnis naudojimas reikalauja, kad ji būtų atšildyta iki kambario temperatūros. Šios sistemos tikslas yra gauti sulėtinto senėjimo proceso produktus. Tokių produktų kokybė priklausys nuo pradinės produkto kokybės ir būdo, kuris buvo panaudotas juos atšildant. Ši sistema plačiai naudojama kai kuriose Europos šalyse, tačiau sunkiai prigijo, pavyzdžiui, Ispanijos pramonėje.

### *Tešlos užšaldymas.*

Dėl užšaldytos tešlos panaudojimo esminiai pakito duonos ir konditerijos gaminių realizavimo vietos. Esmė tai, kad duonos ruošinį prieš kepant reikia tikrai atšildyti ir baigti kepti produkto realizavimo, t. y. vadinamuosiuose „greito pardavimo“ arba „karštuose“ taškuose.

1 lentelė. Įvairių duonos gamybos sistemų palyginimas

<b>PAPRASTA DUONA</b>						
MAIŠYMAS/ MINKYMAS	FORMAVIMAS	FERMEN- TACIJA	KEPIMAS			
<b>ŠALDYTA TEŠLA</b>						
MAIŠYMAS/ MINKYMAS	KOČIOJIMAS FORMAVIMAS		UŽŠALDY- MAS	ATŠILDYMAS	FERMEN- TACIJA	KEPIMAS
<b>DALINAI APKEPTA DUONA</b>						
MAIŠYMAS/ MINKYMAS	FORMAVIMAS	FERMEN- TACIJA	DALINIS APKEPI- MAS	UŽŠALDY- MAS	ATŠILDYMAS	KEPIMAS
<b>ŠALDYTA KEPTA DUONA*</b>						
MAIŠYMAS/ MINKYMAS	FORMAVIMAS	FERMEN- TACIJA	KEPIMAS	UŽŠALDY- MAS	ATŠILDYMAS	
KEPYKLOJE				PARDAVIMO AR VARTOJIMO VIETOSE		

\* Retai vartojama.

Dalinai subrandinta šaldyta tešla ir dalinai apkepta duona paskirstoma į pardavimo vietas. Šaldyta tešla naudojama turint du tikslus:

- suformavus duonos kepliukus, sulėtinamas fermentacijos procesas, jie užšaldomi ir saugomi;
- po to kepliukai atšildomi, baigiami brandinti ir kepami; gali būti atšildoma kambario temperatūroje arba valdomos fermentacijos kameroje.

Dėl užšaldymo sistemų panaudojimo, jeigu užšaldymo procesas atliekamas teisingai, produktas nesugadinamas ir nepraranda pirminės kokybės. Suformuoti kepliukai sudedami į žemos temperatūros šaldymo tunelį, kol produkto vidaus temperatūra pasiekia  $-20^{\circ}\text{C}$ . Po užšaldymo kepliukai supakuojami ir saugomi šaldymo kameroje nuo  $-18$  iki  $-25^{\circ}\text{C}$  temperatūroje. Svarbu prižiūrėti, kad nebūtų pažeistas šaldymo režimas ir nereikėtų pakartotinai užšaldyti produkto.

Prieš realizuojant, kepliukai iš šaldymo kameros išimami, atšildomi ir kai reikia brandinami. Atšildymo procesas turi būti atliktas šaltoje patalpoje  $2-4^{\circ}\text{C}$  temperatūroje. Kepliukus atšildžius, prasideda fermentacijos procesas, panašus į valdomos fermentacijos. Šis procesas yra nuostolingnis, reikalaujantis daugiau energijos, nes kepliukus reikia visiškai subrandinti. Tam reikia daugiau mielių ir labiau kontroliuoti procesą. Šis procesas duonos gamyboje taikomas rečiau negu kitų produktų – konditerijos, kekšų, biskvitų, kadangi duonos gaminys paprastai yra didesnio tūrio ir svorio.

#### Šaltos saugojimo kameros.

Šaltos saugojimo kameros turi veikti su garantija, kadangi dėl kiekvieno gedimo patiriama didelių finansinių nuostolių.

Jų instaliacija turėtų būti tokia, kad gedimai neatsilieptų saugojimo kameros darbui. Paprastai turė-

tų būti įrengti du nepriklausomi šaldymo agregatai, kurie dirbtų kartu taip, kad:

- vieno jų išsijungimas neatsilieptų kito darbui ir būtų užtikrintos nustatytos šaldymo kameros darbo sąlygos;
- temperatūra kameroje būtų palaima nuo  $-18$  iki  $-20^{\circ}\text{C}$ .

#### Dalinai apkepta duona.

Šis duonos gamybos būdas pastaruoju metu plačiai taikomas, pavyzdžiui, Ispanijoje, užima pirmą vietą, kaip perspektyvus, panaudojant kartu šaldymo technologijas. Pastaraisiais metais šis duonos gamybos būdas smarkiai paplito tarp kitų būdų.

Po subrandinimo kepliukai pakraunami į krosnį, tačiau kepimo procesas neužbaigiamas. Po tam tikro laiko kepliukai būna dalinai apkepti ir beveik pusiaukelėje kepimo procesas nutraukiamas. Dalinai apkepti kepliukai pakraunami į šaldytuvą arba užšaldomi, priklausomai nuo numatomos jų realizavimo datos. Kepliukai baigiami kepti vadinamuosiuose „karštuose taškuose“ arba pas vartotoją.

Dalinai apkepta duona gali turėti keletą ypatumų, tiesiogiai susietų su „karštais“ arba „greito pardavimo“ taškais, kuriuose atliekamos dvi galinės jos gamybos stadijos.

#### Privalumai:

- karšta duona pateikiama iškart pareikalavus vartotojui;
- kepykloms negražinama jokia susenusi duona, kadangi kepama pagal pareikalavimą;
- pardavimo vietose padidėja produkcijos ir duonos rūšių įvairovė;
- didesnis darbo našumas.

#### Trūkumai:

- duona būna mažesnio tūrio (perkant, vartotojai dažnai orientuojasi pagal tūrį);
- duona greičiau apdžiūva.

Esminiai dalinai apkeptos duonos gamybos proceso skirtumai:

- minkymas – kartais rekomenduojama mažesnė nei  $22-23^{\circ}\text{C}$  temperatūra;
- ramybės periodas – ilgesnis, kai kurių rūšių duonai – net 4 val.;
- fermentacija – ilgesnis laikotarpis (pirmas ir antras etapai tęsiasi atitinkamai 2,5 ir 1,5 val., esant  $28^{\circ}\text{C}$  temperatūrai);
- pirmas kepimas: įprastinis 20 min. laikotarpis, po to vėl 10 min., kepant antrą kartą; pagrindinis uždavinys – nedidinti temperatūros duonos viduje daugiau kaip  $55^{\circ}\text{C}$ , nes bus sustabdytas mielių aktyvumas. Kepimo laikas priklauso nuo krosnies tipo,

darbo, temperatūros ir kitų proceso veiksnių. Pirmu kepimo laikotarpiu patartina laikyti krosnies trauką uždarytą, kad būtų apsaugota nuo per didelių drėgmės nuostolių;

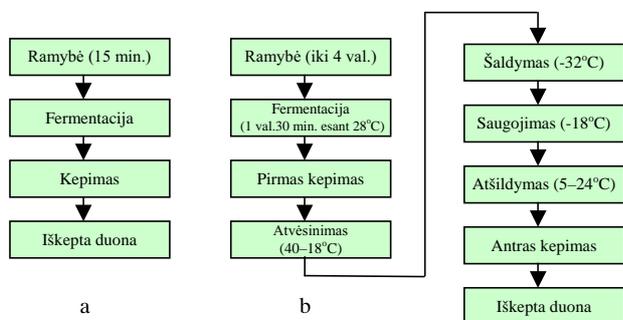
– atvėsinimas – dalinai kepta duona visada turi būti vėsinama reguliuojamos drėgmės ir temperatūros kameroje, palaikant aukščiausią drėgnumą esant 18°C, norint apsaugoti duoną nuo per didelių vandens nuostolių; atvėsinti reikia lėtai ir laipsniškai, neleidžiant duonai sutrūkinėti, užšaldant toje pačioje temperatūroje, norint apsaugoti nuo nepageidaujamo šaldymo proceso poveikio;

– atšaldymas – baigiama esant -32°C; krintant temperatūrai nuo 0 iki -4°C, šaldymo laikas turi būti kuo trumpesnis, siekiant apsaugoti duoną nuo per didelių vandens nuostolių;

– saugojimas – jei duonos vidaus temperatūra – 18°C ir šaldymo režimas nepažeistas, dalinai apkepta duona gali būti saugoma iki 3 mėnesių. Rekomenduojama saugoti dėžėse, nes ant lentynų sukrauta duoną veikia temperatūros svyravimai;

– atšildymas – turėtų trukti 20–30 min. nuo 5 iki 24°C temperatūroje;

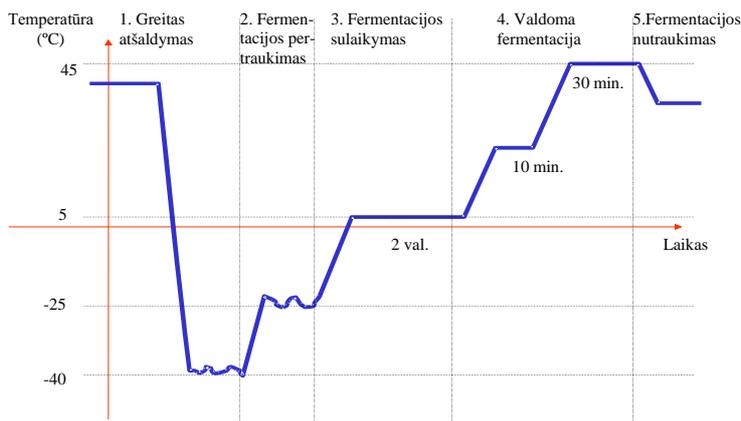
– antras kepimas – baigiamoji kepimo stadija yra pati svarbiausia, kai duonos paviršius įgauna rusvą blizgantį atspalvį (panaudojant garą), (1 pav.) [2].



1 pav. Duonos gamybos skirtumai: a – paprasta duona; b – dalinai apkepta duona

### 3. ŠALDYMAS IR VALDOMOS FERMENTACIJOS TECHNOLOGIJOS

Šaldymas ir valdomos fermentacijos technologijos kepimo pramonėje tampa vis labiau reikšmingesnėmis, nes be jų neįmanoma gamybos proceso vykdyti nepriklausomai nuo tešlos gamybos ir kepimo laiko. Naudojant valdomos fermentacijos technologijas, fermentacijos procesas gali būti valdomas taip, kad tešla būtų išsaugoma net keletą dienų. Kiekvienos fermentacijos pakopos temperatūrų pasiskirstymas ir reikalingos laiko sąnaudos parodytos 2 pav. [3].



2 pav. Fermentacijos procesas

*Greiti šaldytuvai (greito atšaldymo kameros) ir saugojimo šaldytuvai.*

Greito atšaldymo kameros naudojamos greitai atšaldyti paruoštą kepimui tešlą, kad būtų galima ją gabenti iš pagrindinės duonos ir pyrago gaminių įmonės į pardavimo vietas, kuriose ji bus baigiama kepti. Greito atšaldymo kameros atšaldo tešlą iki vidaus temperatūros -7°C. Kameros dirba nuo -20 iki -40°C temperatūros režimu. Paruošta kepimui tešla, sverianti 50–70 g, gali būti atšaldyta iki -7°C per ~30 min.

Greito atšaldymo stotys dirba su elektrinėmis kompresorinėmis šaldymo mašinomis.

Šiuo metu naudojamas tik R 404 A šaldymo agentas. Siekiant kuo mažesnių šilumos nuostolių, greito atšaldymo šaldytuvai izoliuojami 100 mm storio putoplastu, turinčiu šilumos perdavimo koeficiento „k“ reikšmę 0,19 W/m<sup>2</sup> K.

Oro cirkuliacija šaldytuvuose turi būti labai maža, o drėgnumas – gana didelis. Šaldytuvai įrengiami nedideliuose – 2,5 m aukščio × 0,8 m pločio × 1,0 m gylio – moduluose. Mažinant kepyklos specifines energijos sąnaudas, moduliai gali būti sudėti kartu ir sudaryti stambesnę vienetą.

*Fermentacijos pertraukėjai ir ribotuvai.*

Fermentacijos pertraukėjai ir ribotuvai paprastai projektuojami kaip vientisos technologijos sudedamosios dalys. Jie gali būti panaudoti pagal kepyklos reikmes kaip pertraukėjai arba kaip ribotuvai.

Fermentacijos pertraukimo procesas vyksta nuo -25 iki +5°C temperatūroje, tuo tarpu apribojimo procesas aprėpia -10 – +15°C temperatūros intervalą. Abiem atvejais labai svarbu kontroliuoti drėgnumą, palaikant jį 60–98%.

Brandintuvai taip pat gali būti sujungti į modulius. Šaldymo procesas vyksta elektriniais kompresoriais, užpildytais šaldymo agentu R 404 A. Modulių dydžiai, kaip ir greito atšaldymo kameros, yra analogiški.

### Fermentacijos mechanizmai.

Fermentacijos mechanizmai yra greito atšaldymo kamero, fermentacijos pertraukėjų ir ribotuvų sintezė. Jie aprėpia penkis ankstesniame paveiksle pavaizduotus laiptelius, su tomis pačiomis techninėmis charakteristikomis, kaip naudojant vientisą technologiją.

Kepyklos specifinėms energijos sąnaudoms sumažinti anksčiau aprašytų technologijų moduliai sudami drauge, kaip parodyta 3 pav.

### Fermentacijos valdymas.

Fermentacijos technologijos yra valdomos kompiuteriu taip, kad proceso trukmė ir temperatūra būtų reguliuojami pagal kepyklos produkcijos poreikį ir kompiuterinis valdymas užtikrintų optimalų mechanizmų panaudojimą, taupant energiją ir laiką. Modulių izoliavimas leidžia sumažinti energijos nuostolius. Dar daugiau, moduline sistema energiją galima panaudoti efektyviau, palyginti su didele fermentavimo patalpa, nes šaldomi tik reikalingi moduliai.

Fermentavimo technologijos gali būti plėtojamos tik oro srauto ir drėgmės kontrolės srityse, nes šie du veiksniai daugiausia apibrėžia fermentacijos procesą. Šioje srityje yra nemažai kitų gamintojų racionalizacinių pasiūlymų, kurie šiame skyriuje išsamiau nenagrinėjami.

Energijos taupymas fermentacijos procese gali būti dviejų krypčių:

- mažinant šaldymo nuostolius;
- regeneruojant šilumą.

Šaldymo nuostoliai gali būti mažinami izoliuojant fermentavimo ir saugojimo plotus. Be izoliacijos, labai svarbus yra atšildymo procesas, siekiant nesunaudoti šildymui per daug energijos. Taigi įrangą reikia reguliariai prižiūrėti. Šaldymo ir fermentacijos technologijų prarandama šiluma taip pat gali

būti panaudota pritaikius šilumos regeneravimo technologijas. Gautas karštas vanduo gali būti panaudotas pačios kepyklos reikmėms.

## 4. ORO KONDICIONAVIMO ĮRANGOS NAUDOJIMAS

Bendros paskirties oro kondicionavimo įrengimai, sukonstruoti žmonių komfortinėms sąlygoms palaikyti, labai skiriasi nuo kepyklų darbo vietose naudojamų oro kondicionavimo įrengimų. Šiose vietose ištisus metus turi būti palaikoma 14–15°C temperatūra. Įprastinė ventiliacijos sistema praverčia tiktai mažinant temperatūrą iki išorės temperatūros, o išgrynimo kondicionierius mažina temperatūrą daugiau sia 7°C žemiau už išorės temperatūrą.

Naujai įrengta oro kondicionavimo įranga leidžia, prireikus, keisti patalpos temperatūrą ir drėgnumą.

Oro kondicionavimas kepykloje, kurios plotas apie 300 m<sup>2</sup>, pareikalauš šaldymo įrengimų, naudojančių apie 20000–25000 kcal/val., o tai ekvivalentiška 7,5 kW galingumui. Ekstremaliomis darbo sąlygomis, dirbant 8 val. per dieną, elektros energijos būtų suvartota 60 kWh/dieną [2].

Skaičiuojant elektros apkrovą, turėtų būti atsižvelgta į tai, kad visų rūšių mašinų varikliai ir darbo linijos yra darbo vietose. Kartais gali tekti panaudoti automatinę laiko relę, kad oras būtų kondicionuojamas prieš pradėdant daugybei šaltinių išskirti šilumą ir kad prasidėjus pamainai būtų pasiekta reikiama temperatūra.

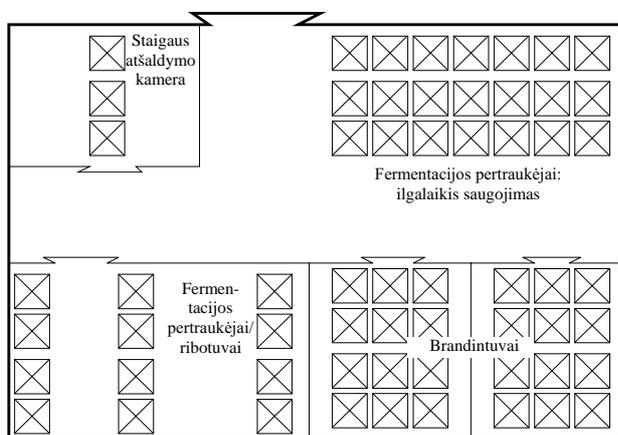
Kaip ir įprastinėje ventiliacijos sistemoje, oras čia paskirstomas dvejopai: pirmu atveju – kanalais ir kaitintuvais, antru – įrengiant individualų garintuvą, su sąlyga, kad garas galėtų būti paskirstomas mažu greičiu.

Vienokios ar kitokios sistemos parinkimas priklausys nuo:

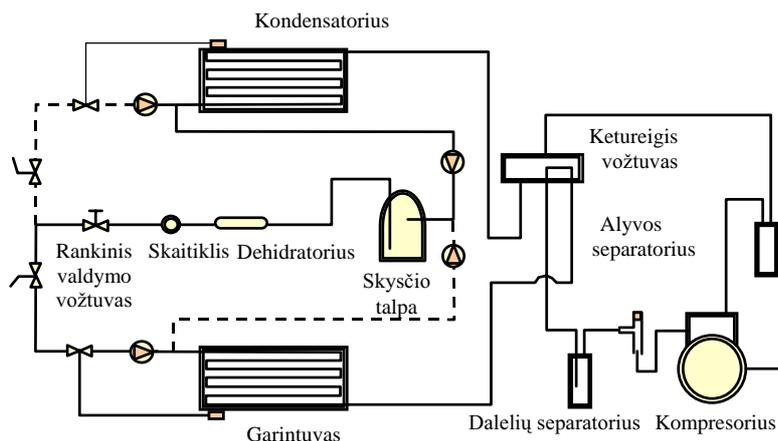
- užimamos erdvės statant kondicionierius;
- darbo patalpos aukščio;
- kitų geometrinių darbo patalpos parametrų;
- mechanizmų išdėstymo vietų;
- struktūrinių kepyklos charakteristikų.

## 5. ŠILUMOS SIURBLIŲ NAUDOJIMO KEPYKLOSE GALIMYBĖS

Žinoma daug techninių ir ekonominių sprendimų, kaip kepimo pramonėje panaudoti šilumos siurblius. Termodinaminės schemas, kuriose optimaliai panaudojami pirminiai energijos ištekliai žemo potencialo šilumos gamyboje, bei įmonėse susidaranciu atliekinių išteklių ir jų panaudojimo galimybių analizė plačiai aprašyti [4].



3 pav. Fermentacijos patalpa kepykloje



4 pav. Šilumos siurblio naudojimas kepykloje

Šilumos siurblio naudojimo kepykloje schema parodyta 4 pav. [1].

Aptarus investicijas oro kondicionavimo sistemai, naudinga išanalizuoti šildymo pasirinkimo galimybes. Šilumos siurblių naudojimo kepyklose galimybės techniniu ir ekonominiu atžvilgiais yra didelės. Orą galima ne tik ataušinti, bet ir šildyti, naudojant šilumos siurblius. Šilumos siurblio darbas remiasi atvirkštinio šaldymo ciklu. Visos šaldymo sistemos gamina ir šilumą, paprastai apie 1,25 karto mažiau už gaminamą šaltį.

Priklausomai nuo metų laiko, oras, praeidamas pro šildymo ar šaldymo baterijas, turi būti nuo darbo vietų nutraukiamas (nesvarbu, šiltas ar šaltas) ir po to, recirkuliaciniu būdu, vėl sugražinamas.

Nepriklausomai nuo to, ar kepykloje įrengta oro kondicionavimo sistema, paskirstant orą būtina atsižvelgti į gamybos procesą, siekiant išvengti skersvėjų.

Daugiausia energijos sutaupoma, krosnis ir duonos šaldymo kameras izoliavus nuo likusios darbo patalpos. Gali būti įrengti vietiniai oro nutraukikliai bei panaudotos kitos naujovės.

Panagrinėkime šilumos siurblio panaudojimo fermentacijoje atvejį. Pavyzdžiui, turime valdomos fermentacijos kamerą su 4 vežimėliais su lopšiais, kurių išmatavimai  $1,00 \times 0,80$  m, ir instaliuota šaldymo įranga su 1,84 kW elektrinio galingumo kompresoriumi bei 0,15 kW kondensatoriaus ventiliatoriumi, kurio šaldymo pajėgumas 4350 kcal/val.

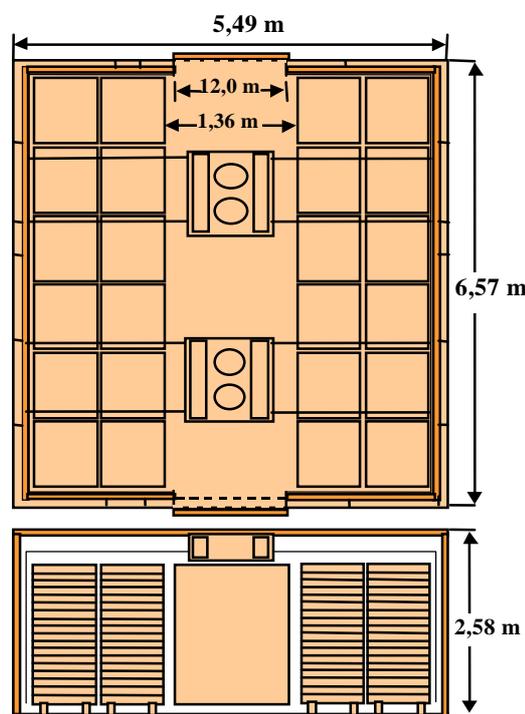
Panaudojus elektrinius šildytuvus, tiekiančius 4350 kcal/val., bus suvartota 5 kWh ( $4350 \text{ kcal/h} : 860 \text{ kcal/kWh} = 5 \text{ kWh}$ ). Taigi, 5 kW šildytuvų baterija, dirbanti apie 1 val., suvartoja 5 kWh. Tai duoda tą patį šilumos kiekį, kaip ir 2 kW šilumos siurblys.

Palyginus dvi – atvirkštinio šiluminio ciklo ir elektrinės varžos sistemas – energijos kainų skirtumai rodo ~60% ekonomiją, nes tam pačiam rezultatui gauti kompresorius suvartoja tik 2 kWh, o elektrinė varža – 5 kWh.

Reguliuojamo klimato fermentacijos kamera su šilumos siurblių sistema parodyta 5 pav.

Sistemos su instaliuotais šilumos siurbliais privalumai yra šie:

- elektros energijos sutaupymas ~60%, palyginti su įprastine sistema;
- geresnis šilumos pasiskirstymas;
- nepertraukiamas šaldymo sistemos darbas;
- nepertraukiamas šildymas ir nedidelis temperatūros kitimas;
- galimybė atvėsinti, prireikus, darbo vietas.



5 pav. Reguliuojamo klimato fermentacijos kamera su šilumos siurblių sistema

## 6. ENERGIJOS TAUPYMO PAVYZDŽIAI

### 1. Fermentacijos su reguliuojamomis klimato sąlygomis instaliavimas naudojant šilumos siurblių sistemą

Dalinai apkeptos duonos fabrike Huelvoje (Ispanija) buvo numatyta esamą fermentacijos liniją pakeisti į reguliuojamą klimato sąlygų sistemą su šilumos siurbliu, skirtu šildymui, ir su lašinamąja drėkinamąja sistema [3].

#### Instaliavimo aprašymas

Senų ir naujų fermentacijos kamerų pagrindinės charakteristikos pateiktos atitinkamai 2 ir 3 lentelėse.

2 lentelė. Senų fermentacijos kamerų charakteristikos

Kameros tipas	surenkama fabrikinė
Izoliacija	tamprus polistirenas
Izoliacijos tankumas	18 kg/m <sup>3</sup>
Izoliacijos storis	30 mm
Panelės	aliumininės
Panelių jungtys	silikono rutulinės
Grindys	gamyklos grindys
Talpa	24 lopšių transporteris
Matmenys:	
Plotis	6,00 m
Gylis	5,00 m
Aukštis	2,70 m
Elektrinis galingumas, instaliuotas šildyme	15 kW
Šildymo galia	13,050 kcal/val.
Ventiliacijos elektrinis galingumas	1,5 kW
Drėkinimas	garinis
Garų gamybos elektrinis galingumas	2 kW

3 lentelė. Naujų fermentacijos kamerų pagrindinės charakteristikos

Kameros tipas	surenkama fabrikinė
Izoliacija	poliuretanas
Izoliacijos tankis	40 kg/m <sup>3</sup>
Izoliacijos storis	60 mm
Panelės	lakuotos geležies lakštai
Panelių jungtys	nailoninės
Grindų izoliacija	AISI-304 nerūdijančio plieno
Talpa	24 vežimėliai
Matmenys:	
Plotis	5,49 m
Gylis	6,57 m
Aukštis	2,58 m
Instaliuotas elektrinis galingumas	5,2 kW
Šildymo galia	10,820 kcal/val.
Drėkinimo sistema	lašelinė

Vieta aprašyta bendrų charakteristikų lentelėje. Pažymėtina, kad grindys yra izoliuotos ir padengtos 3 mm storio AISI-304 nerūdijančio plieno lakštais. Du atidarymai užsklandžia duris, kurios aprūpintos nepriklausomai valdoma greito šaldymo įranga. Kompresorius yra hermetinis su 18,5 kW galingumo varikliu.

Oro paskirstymo sistemos pagrindas yra ant kameros stogo įrengtas garintuvas – kondensatorius. Oras paimamas centre, o išleidžiamas ant grindų išilgai sienelių esančiais nerūdijančio plieno vamzdžiais.

Ventiliatorių greitį reguliuoja elektroninis reguliatorius, palaikantis vienodas termohidrometrines sąlygas visoje kameroje. Drėgnumą kontroliuoja psichrometras, su sausu ir sudrėkintu termometru galais. Temperatūra valdoma skaitmeniniu termometru.

*Energijos suvartojimas pirminėje instaliacijoje.*

Darbo trukmė – 22 val., šilumos poreikiai – 11950 kcal/val., arba 262900 kcal per dieną. Esant tokiam šildymui reikalingam šilumos kiekiui, reguliuojamų klimato sąlygų įrenginys turės dirbti 20,1 val., t. y. kiekvieną pamainą bus suvartojama 301,5 kWh. Dirbant 300 dienų per metus bus suvartota 90450 kWh/met., o išlaidos – 8174 EUR/met.

*Energijos suvartojimas esant naujai instaliacijai.*

Šiuo atveju dėl geresnės izoliacijos šilumos poreikis bus 215600 kcal per dieną. Šis įrenginys dirba 19,9 val. esant bendram energijos suvartojimui: 3,7 kW × 19,9 val. × 300 dienų = 21970 kWh/met., išlaidos – 1985 EUR/met.

*Naujos sistemos pranašumai.*

- sutaupoma daug energijos (šiuo atveju 75%);
- sistema turi mažesnį avaringumo indeksą;
- karšti plotai su mažesne šilumine inercija;
- galimybė šildyti (jei reikalinga);
- mažesnis instaliuotas galingumas;
- reikia mažesnių elektrinių detalių;
- geresnis santykinio drėgnumo palaikymas, nes nevyksta kondensacija ant grindų;
- geresnė kameros šiluminė izoliacija

Gautas pelnas – 6188 EUR/met. Modernesnės instaliacijos kaina yra didesnė negu buvusios. Apskaičiuotas kainų skirtumas – 15422 EUR. Šis skirtumas galėtų būti padengtas vien energijos suvartojimo skirtumu greičiau nei per trejus metus. Be to, vidutinis kameros tarnavimo laikas – 15 metų. Taigi naujos instaliacijos nauda didelė. Reguluojamų klimato sąlygų fermentacijos kamera, naudojanti šilumos siurblio sistemą, parodyta (5 pav.).

## 2. Dalinio duonos apkepimo gamykla su automatiškai reguliuojamo klimato fermentacijos kamera ir šilumos siurbliu

Valdomo klimato fermentacijos kamera su šilumos siurbliu buvo instaliuota vienoje Madrido (Ispanija) kepyklų [3].

*Instaliacijos aprašymas.*

Yra dvi gamybos linijos. Kiekvienos linijos gamybinis pajėgumas 2400 kepalų/val., dirbant 40 kepa-

liukų/min. greičiu. Kiekvieno kepaluko svoris – 310 g. Suformuotas ilgas, iki 80 cm, kepalukas gali būti supjaustytas į mažesnius gabaliukus arba paliekamas kuo ilgesnis ankstesnės formos. Kepykloje įrengta 30 kW galingumo oro kondicionavimo sistema su atvirkščiu ciklu taip, kad ji galėtų dirbti kaip šilumos siurblys.

Oras tiekiamas kanalais pro medžiagines rankoves, kad būtų vienas paskirstymas ir nebūtų jokių skersvėjų.

Tunelinėse krosnyse kepama  $1000 \times 800$  mm lopšiuose, sugrupuotuose po tris. Naudojamas kuras – gamtinės dujos. Tunelinės krosnies išėjime yra staugaus atšaldymo zona. Atšaldyta duona išimama iš formų, pakuojama ir laikoma  $7500 \text{ m}^3$  kameroje  $-18 - -20^\circ\text{C}$  temperatūroje.

Šiluma daugiausia taupoma panaudojant šilumos siurblius fermentacijos kameros klimato sąlygoms reguliuoti ir kepyklos orui kondicionuoti. Be to, šiluma sutaupoma ir dėl to, kad kameros sienelės pagamintos iš panelių, tarp kurių įpurkštas poliuretanai. Izoliacijos storis – 80 mm, o jos tankumas –  $40 \text{ kg/m}^3$ .

Fermentacijos kameros charakteristikos pateiktos 4 lentelėje.

Naudotos skaičiavimo priklausomybės:

1. Šilumos nuostoliai per sienelę –  
 $q_1 = 2(10,4 \times 4,68 + 10,4 \times 3,5 + 4,68 \times 3,5) \text{ m}^2 \times 5 \text{ kcal/val. m}^2 = 1014 \text{ kcal/val.}$

2. Produkto įėjime –  
 $q_2 = 3 \text{ h} \times 2400 \text{ kepal./val.} \times 310 \text{ g/kepal.} \times 0,87 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \times (26-22)^\circ\text{C} = 7767 \text{ kcal/val.}$

3. Produkto palaikymas –  
 $q_3 = 550 \text{ lopšių} \times 2,5 \text{ kg} \times 0,217 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \times (26-20)^\circ\text{C} + 550 \text{ lopšių} \times 1 \text{ kg} \times 0,114 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \times (26-20)^\circ\text{C} = 2166 \text{ kcal/h.}$

4. Oro pritekėjimas pro įeinamąsias ir išeinamąsias duris – nepaisant to, kad durys apsaugotos teflonine uždanga, visada oras priteka pro abejas duris; šį kiekį sunku įvertinti, todėl buvo tarta, kad jis sudaro 20% viso nuostolių kiekio.

$$q_4 = 0,2(q_1 + q_2 + q_3) = 2189 \text{ kcal/h.}$$

5. Bendras balansas –

$$q_B = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 13134 \text{ kcal/h.}$$

Lopšiai įeina esant  $20^\circ\text{C}$  (darbinės zonos temperatūra).

*Parinktos įrangos charakteristikos yra šios:*

Elektrinis galingumas 7,4 kW

4 lentelė. Fermentacijos kamerų charakteristikos ir parametrai	
Kameros tipas	automatinė
Pajėgumas	7200 kepalukų
Fermentacijos laikas	3 val.
Kepaliuko svoris	310 g
Sienelės	izoterminės panelės
Izoliacijos storis	80 mm
Izoliacijos rūšis	įpurkštas poliuretanai
Izoliacijos tankis	$40 \text{ kg/m}^3$
Šilumos laidumo koeficientas	$0,016 \text{ kcal/m val. } ^\circ\text{C}$
Elektrinė aktyvinė galia	$14,5 \text{ CV}^*$
Oro kondicionierių elektrinė galia	10 CV
Išmatavimai	
Ilgis	10400 mm
Plotis	4680 mm
Aukštis	3500 mm
Šilumos nuostoliai per sienelės	$5 \text{ kcal/val. m}^2$
Tešlos specifinė šiluma	$0,87 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$
Tešlos įėjimo temperatūra	$22^\circ\text{C}$
Fermentacijos temperatūra	$26^\circ\text{C}$
Duonos tiekimo sistema	lopšelinė
Lopšių tipai	Al ir AISI-304 nerūd. plienas
Aliuminio lopšio svoris	2,5 kg/vnt.
Plieninio lopšio svoris	1 kg/vnt.
Aliuminio specifinė šiluma	$0,217 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$
Nerūdijančio plieno specifinė šiluma	$0,114 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$
Kepaliukų skaičius kiekviename lopšyje	13
Lopšių skaičius kameroje	550
*1 CV $\approx 0,74 \text{ kW}$ .	

Šaldymo pajėgumas 17287 kcal/val.

Kondensacijos temperatūra  $40^\circ\text{C}$ .

Garinimo temperatūra  $-5^\circ\text{C}$ .

Šaldymo agentas R – 22.

Šios įrangos suvartotas šilumos kiekis bus 315200 kcal per dieną, esant 18 darbo valandų per dieną. Metinė darbo vertė būtų 8568 EUR.

Esant toms pačioms sąlygoms, elektriniai šildytuvai pareikalautų teikiamo galingumo 315200 kcal/dieną /  $860 \text{ kcal/kWh} = 367 \text{ kWh}$ , arba, kitaip tariant, 15 kW baterijos, dirbančios 24 val. per dieną. Tada kaina būtų 23281 EUR.

Metinis ekonominis sutaupymas dėl abiejų sistemų skirtumo būtų 14714 EUR, o tai ekvivalentiška  $163814 \text{ kWh/met.}$

## 7. IŠVADOS

1. Pateikta Vakarų šalių duonos ir pyrago gaminių pramonės gamintojų patirtis vartojant šalčio techniką ir technologijas, palygintos įvairios duonos gamybos sistemos.

2. Šalčio technikos ir technologijų efektyvus panaudojimas duonos ir pyrago gaminių pramonėje leidžia modifikuoti normalų gamybos procesą ir nepriklausomai nuo įprastinio kepimo gaminti žaliavinę arba dalinai iškeptą produkciją.

3. Taikant valdomos fermentacijos technologijas, fermentacijos procesas gali būti valdomas taip, kad tešla būtų išsaugoma net keletą dienų ir gamybos procesas vyktų nepriklausomai nuo tešlos paruošimo ir kepimo laiko.

4. Šilumos siurblio panaudojimas kepyklos valdomos fermentacijos kameroje duoda apie 60% energijos ekonomiją, palyginti su įprastine elektrinės varžos sistema.

5. Pateikti energijos taupymo kepyklose pavyzdžiai rodo didelę naujų instaliacijų naudą ir trumpesnę nei 3 metai atsipirkimo laiką.

Gauta

2001 10 17

#### Literatūra

1. Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
2. Study on Energy Efficiency in the Bakery Sector in Spain // Thermie programme action. IDEA Madrid, 1998.
3. Maxi brochure: "Energy Efficiency in the Industrial Bakery Sector" // Promotion of energy efficiency in the industrial bakery sector. IDEA. April 1998.
4. Bubelis E., Marcinauskas K. Šilumos siurblių naudojimo žemo potencialo šilumos gamyboje galimybės // Energetika. 1999. Nr. 4. P. 44–50.

Vygandas Gaigalis, Romualdas Škėma, Feliksas Zinevičius

#### USE OF COLD IN BREAD AND PASTRY INDUSTRY

##### S u m m a r y

Experience of Western countries in exploitation of cold technique and technologies in bread and pastry industry are described. Comparison of different bread production systems is presented and differences in bread manufacturing are shown. Cold and controlled fermentation technologies and utilization of air-conditioning equipment are described. Possibilities of application of heat pumps in bakeries are shown and real energy saving examples are presented.

**Key words:** energetic, bread and pastry industry, cold technologies, effective energy use, economy

Вигандас Гайгалис, Ромуальдас Шкема,

Феликсас Зинявичюс

#### УПОТРЕБЛЕНИЕ ХОЛОДА В ХЛЕБОБУЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

##### Р е з ю м е

В статье анализируются энергосберегающие мероприятия, организуемые в хлебобулочной промышленности стран Запада. Сравниваются разные системы производства хлеба и показаны различия хлебопроизводственных процессов. Описаны технологии холодильно-управляемой ферментации и применение устройств воздушного кондиционирования. Показаны возможности использования в пекарнях тепловых насосов, а также конкретные примеры энергосбережений.

**Ключевые слова:** энергетика, хлебобулочная промышленность, холодильные технологии, эффективное использование энергии, экономия