

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Lukas Bačiulis

**PAKAVIMO PLĖVELIŲ PADENGIMO BIOAKTYVIA
DANGA TECHNOLOGINĖ LINIJA**

Baigiamasis bakalauro darbas

Vadovas

Dr. Ramunė Rutkaitė

Kaunas, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
POLIMERŲ CHEMIJOS IR TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Padalinio vadovas

Prof. J. V. Gražulevičius

PAKAVIMO PLĖVELIŲ PADENGIMO BIOAKTYVIA
DANGA TECHNOLOGINĖ LINIJA

Baigiamasis bakalauro darbas

Studijų programa Pramoninė Biotechnologija (kodas 612J70001)

Vadovas

Dr. Ramunė Rutkaitė

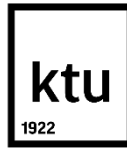
Recenzentas

Dr. Justa Širvaitytė

Darbą atliko

Lukas Bačiulis

Kaunas, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Lukas Bačiulis

Studijų programa Pramoninė Biotechnologija (kodas 612J70001)

Baigiamojo darbo „PAKAVIMO PLĖVELIŲ PADENGIMO
BIOAKTYVIA DANGA TECHNOLOGINĖ LINIJA“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2015 m. Gegužės mėn. 20 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Luko Bačiulio** baigiamasis darbas tema „PAKAVIMO PLĖVELIŲ PADENGIMO BIOAKTYVIA DANGA TECHNOLOGINĖ LINIJA“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena darbo dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymu nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(studento vardas ir pavardė, įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanas
Prof. E. Valatka

Suderinta:

Dekano įsakymas Nr. ST17-F-02-3
2015 m. balandžio mėn. 16 d.

Polimerų chemijos ir technologijos katedros
vedėjas prof. Juozas Vidas Gražulevičius

2015 m. balandžio mėn. 16 d.

BAKALAURO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui **Lukui Bačiuliui**

1. Darbo tema: PAKAVIMO PLĖVELIŲ PADENGIMO BIOAKTYVIA DANGA TECHNOLOGINĖ LINIJA.

2. Darbo tikslas ir uždaviniai:

Ištirti bioaktyvių dangų ant lanksčių pakavimo medžiagų formavimo sąlygas ir suprojektuoti pakavimo plėvelių padengimo bioaktyvia danga technologinę liniją, kurios metinė gamybos apimtis yra 12 milijonų kvadratinių metrų pakavimo medžiagos.

3. Darbo sudėtinės dalys:

1. Literatūros apžvalga

1.1. Eterinių aliejų sudėtis

1.2. Eterinių aliejų bioaktyvios savybės

1.3. Antimikrobinių savybių pakavimo medžiagos

2. Medžiagos ir tyrimų metodai

3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

3.1. Modifikuoto krakmolo ir kmynų eterinio aliejaus emulsijų gavimas ir savybių tyrimai

3.2. Bioaktyvios dangos formavimas ir savybių tyrimai

4. Projektavimo rezultatai ir jų aptarimas

4.1. Produkcijos rodikliai, asortimento parinkimas, gamybos apimtys žaliavų

apskaičiavimas

4.2. Technologijos parinkimas ir pagrindimas

4.3. Įrengimų parinkimas ir pagrindimas

4.4. Technologiniai režimai

4.5. Pagrindinių įrengimų kiekio apskaičiavimas

4.6. Cheminių medžiagų apskaičiavimas

4.7. Garo, vandens ir elektros energijos sąnaudų apskaičiavimas

5. Darbuotojų sauga ir sveikata

6. Išvados

7. Bibliografinių nuorodų sąrašas

8. Grafinė dalis:

Technologinė gamybos schema

Užduoties išdavimo data 2015 m. vasario mėn. 2 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2015 m. gegužės 29 d.

Vadovas: dr. Ramunė Rutkaitė
(vardas, pavardė)

2015-02-02 _____
(parašas, data)

Užduotį gavau: Lukas Bačiulis
(studento vardas, pavardė)

2015-02-02 _____
(parašas, data)

TURINYS

IŽANGA	9
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	10
1.1. Eterinių aliejų sudėtis	10
1.2. Eterinių aliejų bioaktyvios savybės	11
1.3. Antimikrobinių savybių pakavimo medžiagos	12
1.3.1. Pakavimo medžiagos.....	12
1.3.2. Bioaktyvių medžiagų įmobilizavimo ypatumai	13
1.3.3. Antimikrobinių agentų naudojimas pakavimo medžiagose	14
2. MEDŽIAGOS IR TYRIMŲ METODAI.....	17
2.1. Naudotos medžiagos.....	17
2.2. Tyrimų metodikos.....	17
2.2.1. Sausų medžiagų kiekio nustatymas.....	17
2.2.2. Modifikuoto krakmolo kleisterio paruošimas	17
2.2.3. Modifikuoto krakmolo ir kmylių eterinio aliejaus emulsijų paruošimas	18
2.2.4. Modifikuoto krakmolo ir kmylių eterinio aliejaus emulsijų savybių tyrimai .	18
2.2.5. Bioaktyvios dangos liejimo kompozicijų paruošimas.....	18
2.2.6. Bioaktyvios dangos ant polipropileno plėvelės gavimas	18
2.2.7. Bioaktyvių dangų ant polipropileno plėvelės stabilumo tyrimas	19
2.2.8. Rezultatų tikslumo ir patikimumo įvertinimas.....	19
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	20
3.1. Modifikuoto krakmolo ir kmylių eterinio aliejaus emulsijų gavimas ir savybių tyrimai	20
3.2. Bioaktyvios dangos formavimas ir savybių tyrimai	23
4. PROJEKTAVIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	26
4.1. Produkcijos rodikliai, asortimento parinkimas, gamybos apimtį žaliavų apskaičiavimas	26

4.2.	Technologijos parinkimas ir pagrindimas	29
4.2.1.	Žaliavų saugojimas.....	30
4.2.2.	Modifikuoto krakmolo kleisterio ruošimas	30
4.2.3.	Bioaktyvios dangos kompozicijos paruošimas	30
4.2.4.	Dangos formavimas	32
4.2.5.	Spausdinimo formų gamyba	33
4.2.6.	Produkto pjaustymas ir užvyniojimas	33
4.2.7.	Produkcijos saugojimas.....	34
4.2.8.	Produkto kokybės kontrolė	34
4.3.	Įrenginių parinkimas ir pagrindimas.....	34
4.3.1.	Pagrindiniai įrenginiai	34
4.3.2.	Pagalbiniai įrenginiai	38
4.4.	Technologiniai režimai	39
4.4.1.	Naudojamos žaliavos	39
4.4.2.	Įrenginių darbo režimai	39
4.5.	Pagrindinių įrenginių kiekio apskaičiavimas.....	40
4.6.	Cheminių medžiagų skaičiavimas	43
4.7.	Garo, vandens ir elektros energijos sąnaudų apskaičiavimas.....	45
5.	DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA	48
	IŠVADOS:	50
	LITERATŪROS SĄRAŠAS	51

Bačiulis, L. Technological line for application of bioactive coating to packaging films. *Bachelor's work in Industrial Biotechnology* / Supervisor dr. Ramunė Rutkaitė. Kaunas University of Technology, Faculty of Chemical Technology.

Kaunas, 2015. 52 p.

SUMMARY

In this study the preparation of bioactive coating composition comprised of modified starch Capsul HF paste, caraway essential oil and coating material Premo®Star OPV FDA WP3P-00AK and its application to polypropylene film was examined. It was determined that a good quality homogeneous bioactive coating on the flexible packaging film can be obtained by using a certain amount of essential oil immobilized in modified starch and coating material. The conditions needed to obtain homogenous and stable aqueous emulsion of caraway essential oil and modified starch were established. The technological line for production of packaging film with a bioactive coating with the output of 12 million square meters per year was designed. Technological processes and modes of operations were chosen for the formation of bioactive coating on oriented polypropylene films. The calculations of equipment, raw materials, chemicals, distilled water, steam and electrical energy expenditure per day and per year were performed. The scheme of technological line for application of bioactive coating to packaging film was prepared.

IŽANGA

Darbo aktualumas. Pakavimo medžiagos plačiai naudojamos įvairiose pramonės šakose. Maisto produktų pakavimas yra neįsivaizduojamas be lanksčių pakavimo plėvelių. Puikiai žinoma, kad pakuojant maisto produktus pagrindinė jų funkcija yra izoliuoti juos nuo išorinės aplinkos poveikio tame tarpe mikroorganizmų, drėgmės, dujų, kvapų ir mechaninio poveikio. Esant šiems veiksniams trumpėja produktų galiojimo laikas tai pat galimas pavojus vartotojų sveikatai, kai maisto produktuose plinta mikroorganizmų sukeltos ligos. Pakavimo plėvelės turi būti inertiškos, netoksiškos, nelaidžios mikroorganizmams ir kitiems teršalams.

Pastaruoju metu yra kuriamos pakavimo plėvelės su bioaktyviais komponentais. Bioaktyvi medžiaga įterpiama į pačią plėvelę arba plėvelė gali būti padengiama bioaktyvia danga. Plėvelių padengimui bioaktyvia medžiaga dažnai pasitelkiamos medžiagos, kurios pasižymi imobilizavimo savybėmis. Tai gali būti gamtiniai polimerai: polisacharidai, lipidai, baltymai, dekstrinai ir kt. Šių gamtinių polimerų pranašumas yra bioskaidumas ir netoksiškumas žmogui. Vieni iš pagrindinių bioaktyvių pakavimo medžiagų privalumų, pakuojant maisto produktus, yra jų antimikrobinis ir antioksidacinis aktyvumas. Antimikrobiniai agentai slopina mikroorganizmų dauginimąsi. Kai aktyvios medžiagos yra pakavimo plėvelių dangose, jos gali veikti netgi efektyviau nei tiesiogiai jomis apipurškiant maisto produktus. Tokie atradimai leidžia prailginti maisto produktų galiojimo laiką ir padidinti jų saugumą, o taip susilaukia didelio pakavimo medžiagų gamintojų susidomėjimo.

Darbo tikslas. Ištirti bioaktyvių dangų ant lanksčių pakavimo medžiagų formavimo sąlygas ir suprojektuoti pakavimo plėvelių padengimo bioaktyvia danga technologinę liniją, kurios metinė gamybos apimtis yra 12 milijonų kvadratinų metrų pakavimo medžiagos.

Šiam tikslui pasiekti buvo keliami tokie **uždaviniai**:

- Ištirti modifikuoto krakmolo ir kmynų eterinio aliejaus emulsijų susidarymo sąlygas ir savybes;
- Ištirti bioaktyvių dangų formavimo sąlygas ir stabilumą;
- Apskaičiuoti žaliavų ir cheminių medžiagų kiekį parai ir metams;
- Parinkti ir aptarti bioaktyvių dangų formavimo būdus bei įrenginius joms atlikti;
- Sudaryti technologinius režimus;
- Apskaičiuoti reikalingą įrenginių kiekį;
- Apskaičiuoti vandens, garo ir elektros energijos sąnaudas.

Praktinė darbo reikšmė. Suprojektuotas lanksčių pakavimo medžiagų su bioaktyvia danga gamybos baras. Sudaryti gamybos technologiniai režimai, parinkti įrenginiai, apskaičiuotos gamybai reikalingos žaliavos, cheminės medžiagos, įrengimai, vandens ir energijos sąnaudos.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Eterinių aliejų sudėtis

Eteriniai aliejai (EA) gali būti sudaryti iš daugiau nei 60 atskirų komponentų. Pagrindiniai komponentai gali sudaryti iki 85% nuo EA masės, tuo tarpu kiti komponentai gali būti tik kaip pėdsakai. Dažniausiai fenoliniai junginiai suteikia EA antimikrobines savybes. Kai kurių EA pagrindiniai komponentai, kurie pasižymi antimikrobinėmis savybėmis, yra pateikti 1.1 lentelėje. Tam tikrų augalų EA sudėtis gali skirtis priklausomai nuo skynimo sezono ir geografinės kilmės [1].

1.1 lentelė. Kai kurių EA komponentai ir sudėtis.

Bendrinis EA pavadinimas	Lotyniškas augalo pavadinimas	Pagrindiniai komponentai	Vidutinis kiekis, %
Kalendrų lapų	Coriandrum sativum (nesubrendę lapai)	linaloolis	26
		E-2-decenalis	20
Kalendrų sėklų	Coriandrum sativum (sėklos)	linaloolis	70
		E-2-decenalis	-
Cinamono	Cinnamomum zeylandicum	cinamonaldehididas	65
Raudonėlių	Origanum vulgare	karvakrolis	iki 80
		timolis	iki 64
		p-cimenas	iki 52
		γ -terpinenas	2-52
Rozmarinų	Rosmarinus officinalis	α -pinenas	2-25
		bornilacetatas	0-17
		kamparas	2-14
		1,8-cineolas	3-89
Šalavijų	Salva officinalis L.	α -pinenas	4-5
		β -pinenas	2-10
		kamparas	6-15

		1,8-cineolas	6-14
		α -tujonas	20-42
Gvazdikėlių	Syzygium aromaticum	eugenolis	75-85
		eugenilacetatas	8-15
Čiobrelė	Thymus vulgaris	timolis	10-64
		karvakrolis	2-11
		γ -terpinenas	2-31
			10-56

1.2. Eterinių aliejų bioaktyvios savybės

Eteriniai aliejai pasižymi įvairiomis savybėmis. Pagrindinės iš jų yra šios:

Citotoksiškumas. Kadangi EA susideda iš daugelio komponentų jie neturi specifinių taikinių ląstelėje. Kaip tipiniai lipofiliniai junginiai, jie pereina ląstelės sienelę ir citoplazminę membraną suardydami įvairius polisacharidų sluoksnius, riebiąsias rūgštis ir fosfolipidus, padarydami jas laidžias. Padidėjęs bakterijų membranų pralaidumas siejamas su jonų netekimu, membranų potencialo sumažėjimu, reaktyvių deguonies radikalų gamyba, protonų pompos skilimu ir adozin 5' trifosfato (ATP) resursų ištuštinimu. Dėl ląstelių sienelėms padarytos žalos, suyra makromolekulės ir pačios ląstelės. Panašią žalą EA komponentai gali padaryti ir eukariotinėms ląstelėms. Pastebėta, kad citotoksiškumu pasižymi EA sudėtyje esantys fenoliniai junginiai, aldehydai ir alkoholiai. Dėl šios savybės EA ar kai kurie jų komponentai pasižymi antimikrobinėmis savybėmis ir yra iš tiesų efektyvūs naikinant bakterijas, grybus, parazitus, pirmuonis, askarides, kirmėles ir vabzdžius [2].

Fototoksiškumas. Kai kurie EA turi fotoaktyvias molekules, kurių aktyvumas pasireiškia tik UV šviesoje. Pavyzdžiui, toks yra bergamočių EA turintis psoraleno, kuris veikia DNR UV šviesoje ir gamina aduktus, kurie yra citotoksiški ir mutageniški. Tuo tarpu, nesant UV spindulių šis EA nepasižymi šiomis savybėmis. Fototoksiškumu pasižymintys EA patenka į ląsteles nepažeisdami jų membranų ar jų baltymų [2].

Citoplazminis mutageniškumas. Pastebėta, kad EA komponentai gali paveikti ir ląstelės mitochondrijas, sutrikdyti ląstelės kvėpavimo funkciją. EA bandymuose su mielų ląstelėmis pastebėtas etanolio gamybos sutrikdymas, o augalų mitochondrijose buvo sutrikdytas oksidacinis

metabolizmas. Taip pat veikiant EA, pažeistose mitochondrijų membranose susiformavo smulkūs mutantai su kvėpavimo nepakankamumu [2].

Kancerogeniškumas. Daugelis EA yra nėra laikomi kancerogeniškais. Tačiau kai kurie EA komponentai pasireiškus metaboliniam aktyvumui gali tapti antriniais kancerogenais [2].

Antimutageninės savybės. Tyrimai parodė, kad EA tik nežymiai sumažina mutavimo dažnį, tačiau stipriai sumažina esamų mutantų kiekį, vertinant pagal apoptozę ir nekrozę. Šiuo aktyvumu pasižymi visi EA, tačiau jų veikimo būdas skirtingas [2].

Antioksidacinės savybės. EA antioksidacinėms savybėms nustatyti taikomi įvairūs tyrimo metodai tokie kaip: DPPH laisvųjų radikalų pašalinimo metodas, aldehido/karboksirūgščių metodas, malonaldehido/dujų chromatografijos metodas ir kt. EA antioksidacinis aktyvumas taip pat priklauso nuo naudojamo tyrimo metodo, todėl reikalinga naudoti kelis metodus. Dėl antioksidacinio aktyvumo pašalinami laisvieji radikalai ar vyksta lipidų oksidacinio ciklo inhibavimas. Pastebėta, kad didžioji dalis EA ar jų pagrindinių komponentų pasižymi ilgalaikiu antioksidaciniu aktyvumu. Tai pat antioksidacinis aktyvumas priklauso nuo EA kiekio [3].

1.3. Antimikrobinių savybių pakavimo medžiagos

1.3.1. Pakavimo medžiagos

Pakavimo medžiagos ir iš jų pagamintos pakuotės gali būti skirstomos į bioskaidžias ir nepasižyminčias šia savybe. Tačiau pastarosios turi kitų privalumų: žema kaina, mažas tankis, inertiškos, puikios barjerinės savybės, mechaniškai atsparios, skaidrios, galimybė naudoti spaudai. Populiariausios iš jų yra mažo tankio polietilenas (LDPE), linijinis mažo tankio polietilenas (LLDPE), didelio tankio polietilenas (HDPE), polipropilenas (PP), etileno vinilacetatas (EVA), polistirenas (PS), polietilentereftalatas (PET) ir polivinilchloridas (PVC) [4].

Bioskaidžios pakavimo medžiagos gaminamos pridedant reaktingų agentų arba naudojant biopolimerus. Gali būti naudojami šie gamtiniai polimerai: polisacharidai, baltymai, lipidai ir jų kompleksai, gaunami iš gyvulinės ar augalinės kilmės žaliavų. Plačiausiai naudojamas bioskaidus polimeras yra polipieno rūgštis (PLA) [4].

1.3.2. Bioaktyvių medžiagų įmobilizavimo ypatumai

Norint apsaugoti bioaktyvią medžiagą nuo įvairių poveikių - drėgmės, karščio, slėgio ir kitų ekstremalių sąlygų ir išsaugoti jos aktyviasias savybes, naudojamas įkapsuliavimas. Jis gali būti atliekamas įvairiais būdais: purkštuvinio džiovavimo, purkštuvinio šaldymo, ekstruzijos, pseudoverdančio sluoksnio padengimo pseudoverdančiame sluoksnyje, liposomų sulaikymo, įtarpos kompleksų sudarymo, rotacinio garinimo. Kaip įkapsuliavimo medžiagos gali būti naudojami riebalai, polisacharidai, dekstrinai, baltymai. Taip pat egzistuoja įvairūs būdai leidžiantys medžiagas atpalaiduoti iš tokių kapsulių: specifinės vietos, specifinės stadijos, terpės pH ar temperatūros pakeitimas, taikant radiaciją ar osmosinį šoką [4].

Daugelis naudojamų antimikrobinių (AM) agentų yra neatsparūs pakavimo plėvelės gamybos proceso sąlygoms. Esant aukštam slėgiui ar temperatūrai, išgaruoja arba suyra lakūs AM komponentai. Lakias AM medžiagas galima įmobilizuoti jų nekaitinant: pridėdant tirpiklių, elektroverpimo būdu, formuojant dangas. Dangos formavimas yra pats paprasčiausias metodas AM medžiagoms pritvirtinti prie pakavimo plėvelės. Norint palengvinti padengimą plastikinės plėvelės paviršius yra apdorojamas korona būdu arba UV spinduliuote. Paprastai tokie dangai suformuoti pakanka kambario temperatūros [4].

Taip pat įterpti AM medžiagas, neprarandant jų aktyvumo, galima ir liejant plėveles. Tačiau šį metodą galima taikyti tik žemesnę lydymosi temperatūrą turintiems gamtiniams polimerams. Dažnai tokios plėvelės yra bioskaidžios ir valgomos. Plėvelėms formuoti naudojami biopolimerai: krakmolai, chitozanas, alginatai, išrūgų baltymų izoliatas, polipieno rūgštis ir kt. [4-5].

AM agentų, kurie nėra suderinami su polimeru, įmobilizavimas gali neigiamai paveikti pakuotės mechaninį vientisumą ir terminį stabilumą. Tuo tarpu kai AM agentas yra suderinamas su pakuojama medžiaga jis gali įsiterpti tarp jos makromolekulių. Pastaruoju atveju AM agentas, įdėjus tinkamą jo kiekį, nepakeičia plėvelės charakteristikų. Tiriant plėvelių mechanines charakteristikas svarbiausi parametrai yra tamprumo jėga (TS) ir pailgėjimas trūkstant (ϵ). AM agento dalelių dydis tai pat yra svarbus faktorius, kuris gali įtakoti polimerinės plėvelės mechanines savybes. Kai šios dalelės yra nanodydžio yra mažai tikėtina, kad jos sutrikdys polimero grandinių morfologiją. Kita vertus, naudojant mineralinius AM užpildus, tokius, kaip titano ir cinko oksidas, buvo pastebėtas PE plėvelės ϵ padidėjimas. AM agentų pridėjus į bioskaidžias plėveles, žymiai sumažėjo jų TS ir ϵ vertės [4].

Vandens garų pralaidumas yra apibūdinamas kaip drėgmės sugebėjimas prasiskverbti per tiriamą medžiagą. Šis parametras yra svarbus pakavimo medžiagoms, norint ne tik išlaikyti

viduje esantį vandenį, bet ir neleisti drėgmei iš atmosferos prasiskverbti į vidų. Vanduo gali pagreitinti mikroorganizmų augimą ir sutrumpinti maisto produktų galiojimo laiką. Pakavimo plėvelės pralaidumas vandens garams priklauso nuo hidrofilinių – hidrofobinių grupių balanso plėvelėje ir AM dangoje. Dėl šios priežasties pranašumą kaip AM agentai turi hidrofobinės prigimties eteriniai aliejai. Tai pat pastebėta, kad cinko oksidas tai pat sumažina vandens pralaidumą, priešingai negu titano dioksidas [4].

1.3.3. Antimikrobinių agentų naudojimas pakavimo medžiagose

Daugybė tyrimų parodė, kad AM pakavimo medžiagos gali efektyviai slopinti norimas bakterijas, kai pakankamas AM agento kiekis yra imobilizuotas polimerinėje plėvelėje. AM pakavimo medžiagų efektyvumas gali būti didesnis lyginant su tiesiogiai į maisto produktus įdėtais konservantais dėl kelių priežasčių. Pirma, polimerinėje plėvelėje imobilizuoti AM agentai lėtai atpalaiduojami ir veikia ilgą laiko tarpą. Antra, konservantų, kurie dedami tiesiogiai, veikimas gali būti inaktyvuotas dėl sąveikos su maistu. Tai pat tiesiogiai dedami konservantai gali pabloginti maisto produktų kokybę, išvaizdą ir maistinę vertę. Būtent dėl šių priežasčių AM pakavimo medžiagos ir jų taikymas yra intensyviai tyrinėjami [4].

Pakavimo medžiagose gali būti naudojamos šios AM medžiagos:

Gamtiniai augalų eteriniai aliejai. Šių medžiagų AM savybės žinomos jau ilgą laiką ir atlikta daugybė tyrimų įrodančių EA kaip AM agentų efektyvumą naikinant maiste plintančius patogeninius organizmus. Taip yra duomenų apie EA panaudojimą gaunant AM pakavimo medžiagas. Naudojant vynuogių sėklų ekstraktu padengtą LLDPE plėvelę ir į ją supakavus jautienos gaminius, jų galiojimo trukmė pailgėjo 5 dienomis lyginant su plėvele be AM agento [4].

Taip pat yra publikuoti duomenys apie raudonėlių EA danga padengtos PP plėvelės antimikrobines savybes. Dangoje esant 6,7% karvakrolio buvo sėkmingai sumažintas *E. coli*, *S. enterica* ir *L.monocytogenes* bakterijų skaičius salotose. Tai pat pastebėta, kad karvakrolis kaip AM agentas buvo efektyvesnis veikiant prieš gram-neigiamas bakterijas [4].

Ant plastiko plėvelės imobilizavus česnakų EA antimikrobinės savybės pasireiškia tik naudojant didesnius EA kiekius. Nustatyta, kad česnakų EA efektyviai sumažina tiek gram-teigiamų tiek gram-neigiamų bakterijų skaičių [4].

EA tai pat gali būti įmobilizuoti į baltymų plėveles. Išrūgų baltymų izoliata buvo įmobilizuoti 1-4% rozmarinų, raudonėlių ir česnako EA ir patikrintas tokių plėvelių veikimas prieš *S. aureus*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *L. plantarum* ir *S. enteritidis* bakterijas. Išrūgų baltymų izoliata naudojant 3 proc. česnakų EA buvo pastebėtas žymus AM efektyvumo padidėjimas prieš visas kultūras. Raudonėlių ir česnako EA turinčios dangos pasižymėjo stipresniu antibakteriniu efektu negu rozmarinų EA turinti danga [4].

Fermentai. Lizocimas, gaunamas iš vištos kiaušinio baltymo yra natūralus AM agentas ir dažnai įmobilizuojamas į pakavimo medžiagas. Šis fermentas lyginant su kitais AM agentais yra mažiau efektyvus naudojant su gram-neigiamomis bakterijomis dėl jų specifinės ląstelės sienelės. Tačiau lizocimas veikia gram-teigiamas bakterijas, kadangi jų sienelės yra lengvai hidrolizuojamos šio fermento. Norint pagerinti lizocimo kaip AM agento efektyvumą dedami kiti AM agentai tokie kaip paviršinio aktyvumo medžiagos ir chelatai [4].

Chitozanas. Šiuo AM aktyvumu pasižyminčiu gamtiniu polimeru susidomėta dėl jo išskirtinių savybių. Chitozanas yra netoksiškas, yra plėvėdaris ir yra bioskaidus. Tačiau jis blogai tirpsta esant didesniam pH, todėl jį galima naudoti tik rūgščioje terpėje. Ištirta, kad chitozано tirpalas žymiai sumažino *E. coli* ir *S. aureus* bakterijų skaičių tik per 5 minutes. Tuo tarpu praėjus 120 min. beveik visos *E. coli* kolonijos buvo sunaikintos. Vienintelis šio gamtinio polimero trūkumas yra jo prastos, lyginant su sintetiniais polimerais, mechaninės savybės. Taigi, siekiant pagerinti AM aktyvumą chitozanu galima padengti plastiko plėveles. Siekiant sustiprinti chitozано AM savybes gali būti dedami ir kiti AM agentai, tokie kaip EA ar jų komponentai [4].

Bakteriocinai. Tai yra bakterijų natūraliai gaminami AM agentai. Bakteriocinai įgauna vis didenį populiarumą dėl jų atsparumo temperatūros poveikiui ir rūgštinės terpės. Tai bakterijos gynybos sistemos gaminamas antimikrobinis peptidas. Ši natūrali gynybos sistema leidžia vienos rūšies bakterijai slopinti kitos rūšies bakterijos augimą. Gerai žinomas yra iš pieno rūgšties bakterijos gaunamas bakteriocinas ir nuo seno yra svarbus maisto produktų fermentacijoje. Nustatyta, kad šiuo bakteriocinu padengta PE plėvelė efektyviai slopino *B. thermosphacta*, *M. flavus* ir *L. monocytogenes* kultūrų augimą ir prailgino testuotų maisto produktų galiojimo laiką 2-3 dienomis [4].

Neorganinės medžiagos. Neorganinių nanodalelių kaip AM agentų panaudojimas pakavimo medžiagose įgauna vis didesnį populiarumą, kuris siejamas su jų pajėgumu atlaikyti agresyvias gamybos sąlygas (aukštą slėgį ir temperatūrą) formuojant plastikus. Labiausiai ištirtos yra titano dioksido ir cinko oksido nanodalelės. Titano dioksidas yra netoksiškas ir leistinas naudoti maiste, vaistams bei medžiagoms turinčioms sąlytį su maistu gaminti. Tai plačiai

mikroorganizmams inaktyvuoti naudojamas fotokatalizatorius, veikiantis ląstelės sienelės komponentų oksidaciją. Titano dioksidu padengto orientuoto PP plėvele veikiant *E. coli* bakterijas *in vitro* tamsoje, bakterijų skaičius sumažėjo, tačiau stipresnis poveikis nustatytas, naudojant UV spinduliuotės apšvietimą. Ant plastikų plėvelių imobilizuotos cinko oksido dangos yra efektyvios veikiant tiek prieš gram-teigiamas tiek prieš gram-neigiamas bakterijas. Tai pat buvo nustatyta, kad naudojant UV spinduliuotę šių dangų AM aktyvumas žymiai išauga [4].

2. MEDŽIAGOS IR TYRIMŲ METODAI

Šiame skyriuje bus aprašytos medžiagos ir tyrimų metodikos pagal kurias buvo atlikti eksperimentai.

2.1. Naudotos medžiagos

Darbe naudotos šios medžiagos:

Modifikuotas krakmolos Capsul®HF (Ingredion Germany GmbH);

Kmyną eterinis aliejus (PO 125539, $d = 0,906 \text{ g/cm}^3$, Frey+Lau GmbH);

Plėvėdaris Premo®Star OPV FDA WP3P-00AK (Flint Group);

Etilo alkoholis (96 %, AB „Stumbras“);

Distiliuotas vanduo.

2.2. Tyrimų metodikos

2.2.1. Sausų medžiagų kiekio nustatymas

Sausų medžiagų kiekis medžiagoje buvo nustatytas, naudojant drėgnomatį *Kern MRS 120 – 3* (Vokietija). Medžiagoje esantis drėgmės kiekis (ω) procentais apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\omega = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

čia m_0 – medžiagos masė prieš džiovinimą, g; m_1 – medžiagos masė po džiovinimo, g.

Sausų medžiagų kiekis, esantis medžiagoje, randamas pagal formulę:

$$\omega_s = 100 - \omega, \quad (2.2)$$

čia ω_s – sausų medžiagų kiekis medžiagoje, %.

Nustatytas sausų medžiagų kiekis modifikuotam krakmole Capsul HF buvo 93,77 %, o plėvėdaryje Premo Star OPV FDA WP3P-00AK - 40%.

2.2.2. Modifikuoto krakmolo kleisterio paruošimas

Pasvertas reikiamas kiekis modifikuoto krakmolo sumaišomas su kambario temperatūros distiliuotu vandeniu. Mišinys šildomas vandens vonioje 60°C temperatūroje, maišomas kol gaunamas kleisteris ir aušinamas iki kambario temperatūros. Buvo ruošiamas 20% modifikuoto krakmolo kleisteris.

2.2.3. Modifikuoto krakmolo ir kmyņu eterinio aliejaus emulsijų paruošimas

Į paruoštą modifikuoto krakmolo kleisterį buvo įpiltas reikiamas kiekis kmyņu eterinio aliejaus (EA), gautas mašinys homogenizuotas *IKA Ultra-Turrax T-25 basic* homogenizatoriumi naudojant skirtingą sukimosi dažnį ir skirtingą trukmę. Skirtingoms kompozicijoms paruošti buvo naudotas skirtingas kmyņu EA kiekis.

2.2.4. Modifikuoto krakmolo ir kmyņu eterinio aliejaus emulsijų savybių tyrimai

Dalelių dydžio matavimai

Gautų emulsijų dalelių dydis matuotas *Delsa™ NanoC* (Backman Coulter) prietaisu. Emulsijos skiestos vandeniui 50 kartų. Prietaisu išmatuotas dalelių diametras ir jų pasiskirstymas pagal dydį. Kiekvienas bandinys matuotas 3 kartus, darant 20 pakartojimų.

Emulsijos stabilumo tyrimas

Gautų emulsijų stabilumas tirtas jas supylus į 25 ml graduotus mėgintuvėlius ir laikant juos kambario temperatūroje 4 paras bei, stebint išsisluoksniavimą. Atsiskyrusios emulsijos kiekis *S* (%) apskaičiuotas pagal formulę:

$$S = \frac{\text{Atsiskyrusio sluoksnio kiekis}}{\text{Bendras emulsijos kiekis}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

Emulsijos stabilumas *ST* (%) apskaičiuotas pagal formulę:

$$ST = 100\% - S \quad (2.4)$$

2.2.5. Bioaktyvios dangos liejimo kompozicijų paruošimas

Paruošta modifikuoto krakmolo ir kmyņu EA emulsija, turinti 100 % kmyņu EA nuo sausos modifikuoto krakmolo masės, buvo sumaišoma su plėvėdariu *Premo Star OPV FDA WP3P-00AK*. Ir homogenizuojama *IKA Ultra-Turrax T-25 basic* homogenizatoriumi, tačiau lėčiau ir trumpiau nei ruošiant emulsiją. Buvo paruoštos skirtingos bioaktyvios dangos liejimo kompozicijos, keičiant emulsijos ir plėvėdario masių santykį.

2.2.6. Bioaktyvios dangos ant polipropileno plėvelės gavimas

Orientuoto polipropileno (PP) plėvelė buvo įtvirtinta ant dangos liejimo stalo (*RK Print Coat Instruments Ltd*), liejimo kompozicija naudojant 3 ml pipetę užnešama ant aktyvuoto polipropileno plėvelės paviršiaus ir išliejama naudojant liejimo lazdelę (*K Bar*). Keičiant lazdelės griovelių profilį buvo gaunamos storesnės ar plonesnės dangos. Gautų dangų storis buvo išmatuotas mikrometru, 1 μm tikslumu. Kiekvieno bandinio storis buvo išmatuotas šešiose skirtingose vietose ir apskaičiuota vidurkinė vertė. Dangą liejant ir jai išdžiūvus buvo vizualiai įvertinamas jos homogeniškumas ir kokybė.

2.2.7. Bioaktyvių dangų ant polipropileno plėvelės stabilumo tyrimas

Bioaktyvių dangų stabilumas saugant kambario temperatūroje buvo tirtas, matuojant dangoje likusio kmyną EA kiekį ir lyginant su pradiniu EA kiekiu dangoje.

Paruoštos PP plėvelės su bioaktyvia danga (apie 4 μm storio) ir žinoma EA koncentracija dangoje buvo laikomos sandariuose maišeliuose. Po tam tikro laiko tarpo, buvo atkerpami vienodo ploto (10 cm x 10 cm) bandiniai ir susmulkinti 15 min. pamerkami į 5 ml etilo alkoholio (96%) sandariuose biuksuose. Dangai ištirpus buvo matuojama tirpalo šviesos sugerties intensyvumas prie 236 nm bangos ilgio, naudojant *Jenway 6715* spektrofotometrą. Dangoje likusio ir į tirpalą perėjusio kmyną EA kiekis buvo paskaičiuotas pagal kalibracinę EA šviesos sugerties intensyvumo prie 236 nm bangos ilgio priklausomybės nuo EA koncentracijos etanolyje kreivę. Paskaičiuojant buvo įvertintas likusio EA kiekis bandinio tūryje. Matavimai atlikti po 1, 2, 24, 48 val.

2.2.8. Rezultatų tikslumo ir patikimumo įvertinimas

Nustatant emulsijų lašelių dydį, buvo paskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai pagal šią formulę:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.5)$$

čia: \bar{X} – aritmetinis vidurkis;

N – bandymų skaičius;

X_i – vieno bandymo rezultatas.

Aritmetrinio vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida skaičiuojama pagal formulę:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N(N-1)}} \quad (2.6)$$

čia: N – bandymų skaičius

$\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$ - nukrypimų nuo aritmetinio vidurkio suma visiems bandymams.

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

3.1. Modifikuoto krakmolo ir kmylių eterinio aliejaus emulsijų gavimas ir savybių tyrimai

Siekiant gauti kokybiškas bioaktyvias dangas, visų pirma būtina gauti stabilias ir homogeniškas tokių dangų liejimo kompozicijas. Kaip bioaktyvus komponentas buvo pasirinktas gamtinis kmylių eterinis aliejus (EA), žinomas [8] savo aktyviomis savybėmis (antimikrobinėmis ir antioksidacinėmis) bei išskirtiniu aromatu. Eteriniam aliejui įmobilizuoti sudarant emulsiją buvo pasirinktas komercinis modifikuoto vaškinio kukurūzų krakmolo produktas Capsul®HF, leistinas vartoti kaip maisto priedas E1450 [9], todėl tinkamas naudoti ir kaip maisto pakavimo medžiagos dangos komponentas.

Emulsijos buvo ruošiamos modifikuoto krakmolo 20 % vandeninį kleisterį ir kmylių EA intensyviai maišant homogenizatoriumi. Homogenizavimas vykdytas naudojant 20% eterinio aliejaus nuo modifikuoto krakmolo sausos masės ir keičiant homogenizatoriaus rotorius apsisukimų skaičių nuo 5000 iki 20000 aps/min. Homogenizuojant emulsijos kompoziciją, kas 5 min buvo nustatomas emulsijos lašelių dydis ir tokiu būdu tiriama homogenizavimo trukmės įtaka emulsijos savybėms. Gauti rezultatai pateikti 3.1 - 3.4. lentelėse.

3.1 lentelė. Emulsijos lašelių dydis, esant homogenizatoriaus apsisukimų skaičiui 5 000 aps/min.

Bandinys	Homogenizavimo trukmė, min	Lašelių diametras, nm
1	5	2227,7±203,2
2	10	1988,5±55,3
3	15	1723,7±63,6
4	20	1308,1±75,6

3.2 lentelė. Emulsijos lašelių dydis, esant homogenizatoriaus apsisukimų skaičiui 10 000 aps/min.

Bandinys	Homogenizavimo trukmė, min	Lašelių diametras, nm
1	5	745,0±7,9
2	10	718,6±7,4
3	15	760,0±15,2
4	20	685,9±16,9

3.3 lentelė. Emulsijos lašelių dydis, esant homogenizatoriaus apsisukimų skaičiui 15 000 aps/min.

Bandinys	Homogenizavimo trukmė, min	Lašelių diametras, nm
1	5	606,0±14,7
2	10	608,7±8,9
3	15	620,5±3,2
4	20	591,0±5,8

3.4 lentelė. Emulsijos lašelių dydis, esant homogenizatoriaus apsisukimų skaičiui 20 000 aps/min.

Bandinys	Homogenizavimo trukmė, min	Lašelių diametras, nm
1	5	645,9±7,7
2	10	704,2±8,9
3	15	679,9±4,4
4	20	633,4±4,0

Iš gautų rezultatų matyti, kad norint gauti emulsiją su submikroninio dydžio lašeliais, homogenizavimo esant rotorius sukimosi dažniui 5 000 aps/min nepakanka, net ir homogenizuojant 20 minučių. Padidinus rotorius sukimosi dažnį iki 10000 – 15000, paruošiamos emulsijos lašeliai yra submikroninio dydžio ir ilginant homogenizavimo trukmę, žymių dydžio pokyčių nenustatyta. Galima pastebėti, kad naudojant 15 000 aps/min ir didesnį rotorius greitį dėl dalelių trinties su maišikliu išsiskiria šiluma, todėl emulsiją būtina aušinti, kad nepasišalintų lakus EA. Galima daryti išvadą, kad 10 000 aps/min rotorius greitis yra optimalus norint paruošti homogenišką modifikuoto krakmolo kleisterio ir eterinio aliejaus emulsiją.

Parinkus optimalų rotorius sukimosi greitį (10 000 aps/min) toliau buvo keičiamas kmynų eterinio aliejaus kiekis nuo 30 iki 400 % nuo modifikuoto krakmolo masės. Homogenizuojant tokių emulsijų kompozicijas, kas 5 min buvo nustatomas emulsijos lašelių dydis ir tiriama kaip keičiasi emulsijos savybės keičiantis emulsijos sudėčiai. Gauti rezultatai pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Emulsijos lašelių dydis, keičiant kmynų eterinio aliejaus kiekį nuo sausos modifikuoto krakmolo masės emulsijoje

Bandinys	Eterinio aliejaus kiekis nuo modifikuoto krakmolo masės, %	Homogenizavimo trukmė, min	Lašelių diametras, nm
1	30	5	1172,5±17,7
2	30	10	1005,4±9,9
3	30	15	944,1±5,4
4	30	20	865,9±9,1
1	40	5	1152,4±30,6
2	40	10	900,2±15,8

3	40	15	824,0±9,0
4	40	20	824,7±5,6
1	60	5	1261,0±21,0
2	60	10	1097,3±58,2
3	60	15	1103,0±43,8
4	60	20	1121,2±16,5
1	80	5	1315,7±4,7
2	80	10	1226,4±21,3
3	80	15	1079,6±29,1
4	80	20	1094,2±36,2
1	100	5	1151,8±8,9
2	100	10	1091,3±46,1
3	100	15	1040,8±10,9
4	100	20	1001,4±6,1
1	200	5	1291,3±30,9
2	200	10	1166,7±45,5
3	200	15	1097,6±47,5
4	200	20	1076,7±34,1
1	300	5	1590,1±74,3
2	300	10	1322,5±10,1
3	300	15	1275,0±22,9
4	300	20	1272,8±22,7
1	400	5	1494,9±52,6
2	400	10	1545,5±35,3
3	400	15	1543,0±10,6
4	400	20	1592,6±26,6

Nustatyta, kad kokybišką submikroninio ar mikroninio dydžio lašelių emulsiją galima gauti naudojant 20 % modifikuoto krakmolo kleisterį ir ne daugiau kaip 300 % eterinio aliejaus nuo modifikuoto krakmolo masės. Didinant eterinio aliejaus koncentraciją emulsijoje, nežymiai didėja dalelių dydis. Naudojant 400 % eterinio aliejaus nuo modifikuoto krakmolo masės, gauta emulsija buvo akivaizdžiai nehomogeniška ir nestabili, iš karto buvo stebimas jos išsisluoksniavimas.

Kita svarbi emulsijų charakteristika yra jų stabilumas. Buvo paruoštos skirtingos sudėties emulsijos keičiant kminų eterinio aliejaus kiekį nuo 30 iki 400 % nuo modifikuoto krakmolo masės, ir ištirtas jų stabilumas (žr. 3.6 lentelę). Kiekviena emulsija ją ruošiant buvo homogenizuota 20 min 10 000 aps/min greičiu. Emulsijos, kuriose yra iki 300 % EA nuo modifikuoto krakmolo masės, išliko stabilios nuo 1 iki 70 valandų, o jų stabilumas priklausė nuo eterinio aliejaus koncentracijos emulsijoje: didėjant eterinio aliejaus kiekiui, emulsijų stabilumas mažėjo. Kaip jau buvo minėta anksčiau, emulsija, kurioje buvo 400 % eterinio aliejaus nuo

modifikuoto krakmolo masės, buvo akivaizdžiai nehomogeniška ir nestabili, iš karto buvo stebimas jos išsisluoksniavimas. Stebint emulsijų stabilumą po 4 parų, galima taip pat daryti išvadą, kad didėjant eterinio aliejaus kiekiui, emulsijų stabilumas mažėjo.

3.6 lentelė. Emulsijų stabilumas keičiant kmynų eterinio aliejaus kiekį nuo sausos modifikuoto krakmolo masės emulsijoje

Eterinio aliejaus kiekis nuo modifikuoto krakmolo masės, %	Emulsija pilnai stabili, val.	Emulsijos stabilumas po 4 parų, %
20	70	93,8
30	68	92,8
40	61	90,4
60	48	88,1
80	30	83,8
100	24	78,7
200	4	72,2
300	1	65,4
400	-	51,5

3.2. Bioaktyvios dangos formavimas ir savybių tyrimai

Bioaktyviai dangai ant lanksčios pakavimo plėvelės – orientuoto polipropileno (PP) formuoti buvo naudojamos komercinio plėvėdario komercinį plėvėdarį Premo®Star OPV FDA WP3P-00AK bei modifikuoto krakmolo ir kmynų EA emulsijos kompozicijos. Emulsijai paruošti naudotas 20 % modifikuoto krakmolo kleisteris vandenyje ir 100 % kmynų EA nuo modifikuoto krakmolo masės.

Siekiant nustatyti plėvėdario ir emulsijos dangų formavimo sąlygas, buvo paruoštos skirtingos kiekybinės sudėties plėvėdario ir emulsijos kompozicijos (žr. 3.7 lentelę). Pirmiausiai buvo siekiama gauti homogenišką šių dviejų komponentų mišinį, o tada liejimo būdu gauti homogeniškas dangas ant PP plėvelės. Tam buvo panaudotas dangos liejimo stalas su įtvirtinta lanksčia PP plėvele, ant kurios panaudojant liejimo lazdelę buvo liejamos dangos.

3.7. lentelė. Bioaktyvios dangos liejimo kompozicijų sudėtis ir gautų bioaktyvių dangų charakteristikos

Dangos liejimo kompozicijos sudėtis: emulsijos ir plėvėdario masių santykis	Bioaktyvios dangos sudėtis			Dangos apibūdinimas
	Kmynų eterinio aliejaus kiekis, %	Modifikuoto krakmolo sausų medžiagų kiekis, %	Plėvėdario sausų medžiagų kiekis, %	
0,5:1	15	15	70	Vientisa, skaidri ir kokybiška danga
1:1	23	23	54	Nežymiai balsva, tačiau vientisa ir kokybiška danga
1,5:1	27	27	44	Balsva danga, dangoje pastebimi nevientisumai
2:1	31,25	31,25	37,5	Beveik matinė danga, nevientisa
3:1	36	36	28	Matinė, nevientisa

Liejant įvairios sudėties plėvėdario ir emulsijos mišinių dangas, buvo nustatyta, kad kuo didesnė emulsijos koncentracija buvo kompozicijoje tuo prasčiau liejosi danga ir blogėjo jos kokybė. Nustatyta, kad geros kokybės homogenišką dangą galima gauti naudojant ne daugiau kaip 100 % emulsijos nuo plėvėdario masės, t. y. emulsijos ir plėvėdario masių santykiui mišinyje esant 1:1. Šiuo atveju kmynų EA kiekis suformuotoje bioaktyvioje dangoje siekia 23 %.

Viena iš svarbių bioaktyvių dangų savybių norint jas panaudoti praktiškai yra jų stabilumas. Kadangi kmynų eterinį aliejų sudaro daug lakių komponentų, galima tikėtis, kad EA bus linkęs pasišalinti iš dangos į aplinką. Tai nėra bioaktyvios dangos trūkumas, nes būdama pakuotės viduje tokiu būdu ji aktyviai veiktų supakuotus produktus. Tačiau būtina išsaugoti tam tikrą kiekį EA kiekį dangoje iki praktinio panaudojimo. Dėl šios priežasties buvo nustatytas EA kiekis suformuotoje dangoje, ją saugant sandarioje pakuotėje tam tikrą laiko tarpą (žr. 3.8 lentelę). Taip pat buvo atlikti tyrimai su plėvėdario danga, kurioje nėra modifikuoto krakmolo. Gauti rezultatai rodo, kad kmynų eterinio aliejaus kiekis dangoje mažėjo laikui bėgant, o jo kiekis modifikuoto krakmolo turinčioje dangoje išliko didesnis lyginant su danga be modifikuoto krakmolo. Po 24 val. bioaktyvios dangos su modifikuotu krakmolu tūryje buvo likę 44,44 proc. EA nuo pradinio kiekio, tuo tarpu dangoje suformuotoje be modifikuoto krakmolo, buvo likę tik 22,22 proc. EA. Taigi dangoje esant įkapsuliuojančiomis savybėmis pasižyminčiam biopolimerui, galima kontroliuoti EA pasišalinimą iš dangos.

3.8. lentelė. Kmyņų eterinio aliejaus kiekio pokyčiai bioaktyviose dangose, jas saugant

Bioaktyvios dangos saugojimo trukmė, val	EA kiekis dangos tūryje, ml×10 ³		Likusio dangoje EA dalis, %	
	Bioaktyvios dangos sudėtis		Bioaktyvios dangos sudėtis	
	Plėvėdaris +modifikuotas krakmolas+EA	Plėvėdaris +EA	Plėvėdaris +modifikuotas krakmolas+EA	Plėvėdaris +EA
0	7,2	9,0	100	100
1	5,0	4,8	69,44	53,33
2	4,6	4,0	63,89	44,44
24	3,2	2,0	44,44	22,22
48	2,1	1,1	29,17	12,22

4. PROJEKTAVIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

4.1. Produkcijos rodikliai, asortimento parinkimas, gamybos apimtys žaliavų apskaičiavimas

Gaminių asortimentą sudaro dvi lanksčios pakavimo medžiagos iš orientuoto polipropileno (PP) su bioaktyvia danga. Joms gaminti naudojama skirtinga žaliava (lentelė 4.1.).

4.1 lentelė. Gaminamos produkcijos rodikliai ir gamybos planas.

Pavadinimas	Rodiklis						
	Plėvelės plotis, m	Plėvelės kvadratinio metro masė, g	Rulono ilgis, m	Vyniojimo tūtos masė, kg	Rulono masė, kg	Atraižos, %	Gamybos planas, % (nuo viso)
Skaidri bioaktyvi plėvelė, A(1)	0,3	16,4	2000	0,15	9,84	1	50
Matinė bioaktyvi plėvelė, A(2)	0,3	18	2000	0,15	10,8	1	50

Numatoma gamybos apimtis yra 40 mln m/metams (12 mln m²/metams) pakavimo plėvelės. Skaidri bioaktyvi plėvelė A(1) ir matinė bioaktyvi plėvelė A(2) skiriasi šioms artikulams gaminti naudojama žaliava ir bus naudojamos skirtingų rūšių produktams pakuoti.

Lentelėje 4.2 pateikti pagrindinių žaliavų iš kurių bus formuojamos bioaktyvios plėvelės parametrai.

4.2 lentelė. Pagrindiniai žaliavų parametrai

Rodiklis		Pavadinimas	
		"Skaidri"	"Matinė"
Termoplastikas		orientuotas PP	orientuotas PP
Matiškumas		skaidri	matinė
Mechaninės savybės (nustatymo metodas ASTM D882)	Tampros modulis, N/mm ²	MD 140 TD 280	MD 150 TD 280
	Ištįsa trūksta, %	MD 180 TD 50	MD 160 TD 50
Plotis, m		0,6	0,6
Storis, mm		18	20
Kvadratinio metro masė, g		16,4	18
Linijinio metro masė, g		9,84	10,8
Atliekos, %		1	1

Žaliavos plėvelės rulono plotis 0,6m. Šios plėvelės skiriasi savo mechaninėmis savybėmis, storiu, kvadratinio metro mase. Žaliavinių plėvelių pagrindinis skirtumas yra matiškumas.

Gamybos darbo režimas pateiktas 4.3. lentelėje. Skaičiuojamas pagal 2015 metus.

4.3 lentelė Gamybos darbo režimas

Pamainų skaičius	Pamainų trukmė, h	Darbo dienų skaičius	Nedarbo dienų skaičius	Darbo valandų skaičius, h
2	8	252	113	4032

2015 metuose yra 252 darbo dienos, kadangi gamyba bus vykdoma dvejomis pamainomis po 8 valandas, bendras darbo valandų skaičius per metus yra 4032.

Projektuojamoje gamyboje gaminami produktai yra plėvelės su bioaktyvia danga. Kadangi bioaktyvios dangos masė yra labai maža lyginant su plėvelės mase, į skaičiavimus nebus įtraukta.

Apskaičiavimuose ir lentelėse naudojami trumpiniai:

MP_{r_m} – metinis produkcijos kiekis, metrais;

$MP_{r_m^2}$ – metinis produkcijos kiekis, m^2 ;

$MP_{r_{kg}}$ - metinis produkcijos kiekis, kg;

PP_{r_m} – paros produkcijos kiekis, m;

$PP_{r_m^2}$ - paros produkcijos kiekis, m^2 ;

$PP_{r_{kg}}$ - paros produkcijos kiekis, kg;

$M\check{Z}_m$ – metinis žaliavų kiekis, m;

$M\check{Z}_m^2$ - metinis žaliavų kiekis, m^2 ;

$M\check{Z}_{kg}$ - metinis žaliavų kiekis, kg;

$P\check{Z}_m$ – paros žaliavų kiekis, m;

$P\check{Z}_m^2$ - paros žaliavų kiekis, m^2 ;

$P\check{Z}_{kg}$ - paros žaliavų kiekis, kg.

Artikulo A(1) žaliavų ir produkcijos skaičiavimui daviniai paimti iš 4.1, 4.2 ir 4.3 lentelių:

$$MPr_m = \text{Gamybos užduotis} * \text{Gamybos plano dalis} = 40000000 * 0,5 = 20000000 \text{ m}$$

$$MPr_m^2 = MPr_m * \text{plėvelės plotis (produkto)} = 20000000 * 0,3 = 6000000 \text{ m}^2$$

$$MPr_{kg} = MPr_m^2 * \text{plėvelės kv. metro masė} = 6000000 * 0,0164 = 98400 \text{ kg}$$

$$PPr_m = MPr_m / \text{darbo dienų skaičius} = 20000000 / 252 = 79365,1 \text{ m} \approx 79365 \text{ m}$$

$$PPr_m^2 = MPr_m^2 / \text{darbo dienų skaičius} = 6000000 / 252 = 23809,5 \text{ m}^2 \approx 23810 \text{ m}^2$$

$$PPr_{kg} = MPr_{kg} / \text{darbo dienų skaičius} = 98400 / 252 = 390,5 \text{ kg}$$

$$M\check{Z}_m = (MPr_m / (1 - (\text{atraižos}(\%) + \text{atliekos}(\%) / 100))) / 2 = (20000000 / (1 - (1+1)/100)) / 2 = 10204081,6 \text{ m} \approx 10204082 \text{ m}$$

Žaliavų kiekis ilgio metrais dalijamas iš 2, nes žaliavos rulonas du kartus platesnis nei produkcijos.

$$M\check{Z}_m^2 = M\check{Z}_m * \text{plėvelės plotis (žaliavos)} = 10204081,6 * 0,6 = 6122449 \text{ m}^2$$

$$M\check{Z}_{kg} = M\check{Z}_m^2 * \text{plėvelės kv. metro masė} = 6122449,0 * 0,0164 = 100408,2 \text{ kg} \approx 100408 \text{ kg}$$

$$P\check{Z}_m = M\check{Z}_m / \text{darbo dienų skaičius} = 10204082 / 252 = 40492 \text{ m}$$

$$P\check{Z}_m^2 = M\check{Z}_m^2 / \text{darbo dienų skaičius} = 6122449 / 252 = 24295,4 \text{ m}^2 \approx 24295 \text{ m}^2$$

$$P\check{Z}_{kg} = M\check{Z}_{kg} / \text{darbo dienų skaičius} = 100408 / 252 = 398,4 \text{ kg}$$

Artikului A(2) skaičiavimai atliekami analogiškai. Numatomos produkcijos ir žaliavų kiekio skaičiavimo rezultatai pateikti 4.4 lentelėje.

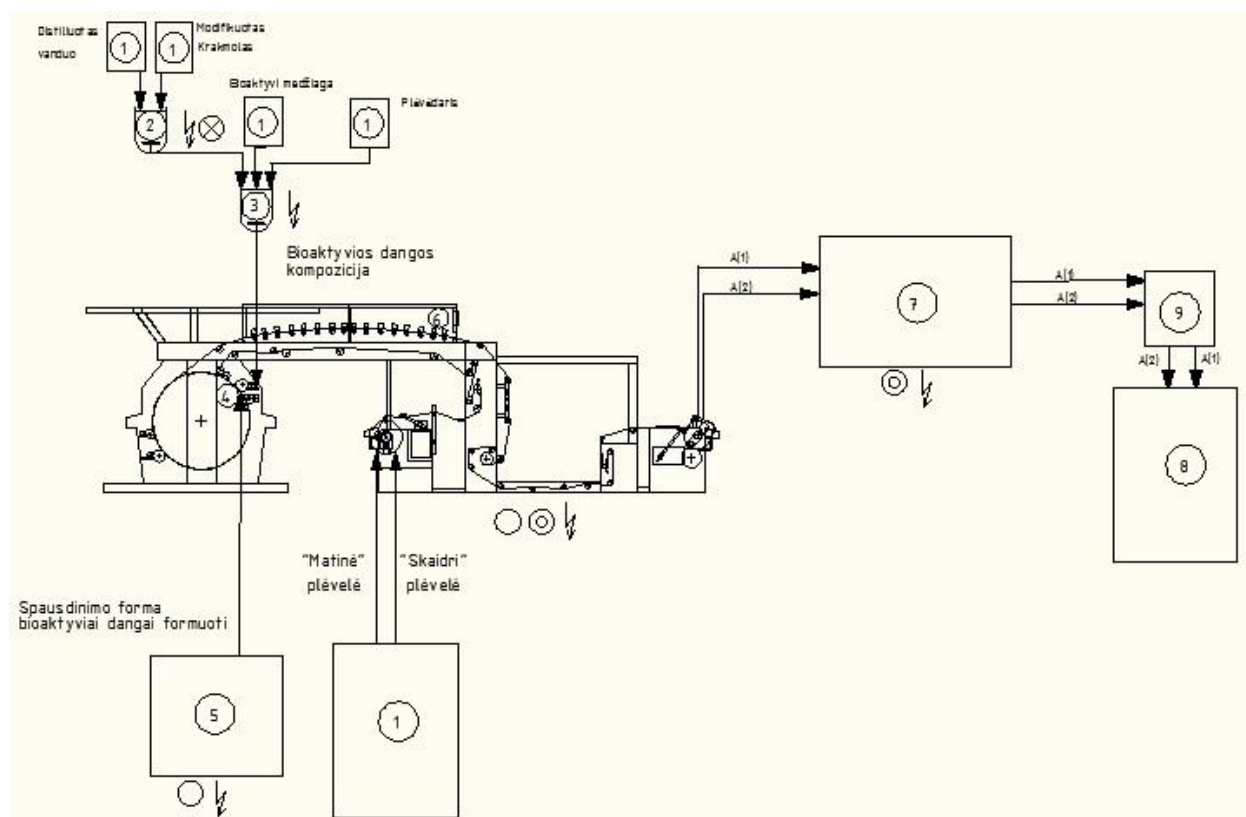
4.4 lentelė. Produkcijos ir žaliavų kiekiai.

Artikulas	MPr_m	MPr_m²	MPr_{kg}	PPr_m	PPr_m²	PPr_{kg}
A(1)	20000000	6000000	98400	79365	23810	390,5
A(2)	20000000	6000000	108000	79365	23810	428,6
Artikulas	M\check{Z}_m	M\check{Z}_m²	M\check{Z}_{kg}	P\check{Z}_m	P\check{Z}_m²	P\check{Z}_{kg}
A(1)	10204082	6122449	100408	40492	24295	398,4
A(2)	10204082	6122449	110204	40492	24295	437,3

Tai pat bus papildomai bus naudojamos šios medžiagos galutiniam produktui gauti: plėvėdaris, medžiaga turinti bioaktyvių sąvybių, krakmolo vandeninis kleisteris, vyniojimo tūtos.

4.2. Technologijos parinkimas ir pagrindimas

Technologinė gamybos schema pateikta 4.1 paveiksle.



Pav.4.1 Technologinė gamybos schema.

Gamybos technologinė schema pateikta darbo priede A1 formatu.

Ši schema parodo, kokios turi būti atliktos operacijos, kad būtų gautas galutinis produktas. Gamybos technologinis planas pateiktas 4.5 lentelėje.

4.5 lentelė. Gamybos technologinis planas

Operacijos Eil.Nr.	Operacija
1	Žaliavų saugojimas
2	Modifikuoto krakmolo kleisterio paruošimas
3	Bioaktyvios dangos kompozicijos paruošimas
4	Bioaktyvios dangos formavimas: plėvelės nuvyniojimas, plėvelės platinimas ir taisymas, dangos užnešimas
5	Spausdinimo formų gamyba
6	Džiovinimas
7	Bioaktyvios plėvelės pjaustymas ir vyniojimas

8	Produkcijos saugojimas
9	Produkcijos kokybės kontrolė

Tiek produktui A(1) tiek A(2) bus atliekamos tos pačios operacijos ir jų eiliškumas, skirsis tik naudojama žaliavinė plėvelė. Projektuojamos gamybos operacijos yra skirstomos pagal svarbą gamyboje. Pagrindinės operacijos yra 2,3,4,7, o 1,5,6,8,9 yra pagalbinės.

4.2.1. Žaliavų saugojimas

Visos žaliavos bus saugomos patalpose atitinkančiose standartų keliamiems reikalavimams. Bioaktyvi medžiaga (gamtinis kmynų eterinis aliejus) bus saugoma gamintojo tiekiamose uždaroje talpyklose. Ypatingai reikia stengtis, kad eterinis aliejus būtų uždarytas kuo sandariau žinant jo kaip lakaus junginio savybes. Modifikuotas krakmolai tai pat bus laikomas uždaroje talpyklose ar maišuose, kadangi ši medžiaga pasižymi savybe sugerti drėgmę iš aplinkos. Plėvėdaris bus saugomas plastikiniuose uždaruose kibiruose. Gamyboje naudojamos žaliavinės termoplastikų plėvelės yra ilgaamžės ir stabilios, todėl bus laikomos gamintojo pakuotėse suvyniotos ant palečių. Nuvyniojimo tūtos tai pat kaip ir žaliavinės plėvelės bus saugojamos gamintojo pakuotėse.

4.2.2. Modifikuoto krakmolo kleisterio ruošimas

Norint paruošti bioaktyvios dangos kompoziciją pirmiausia reikia sumaišyti modifikuoto krakmolo miltelius su distiliuotu vandeniu. Kadangi šis modifikuotas krakmolai prastai kleisterizuojasi šaltame vandenyje, jis bus maišomas elektriniu maišikliu šildomame katile. Lėtaeigis maišymas vyks uždaramame katile, mišinį šildant iki 60 °C. Susidarius modifikuoto krakmolo kleisteriui, katilai bus vėsinamas iki kambario temperatūros, perpilamas į vėsioje patalpoje saugomas iki tolesnio naudojimo ruošiant emulsiją.

4.2.3. Bioaktyvios dangos kompozicijos paruošimas

Kompozicijos komponentai – modifikuoto krakmolo kleisteris, gamtinis eterinis aliejus ir plėvėdaris. Iš pradžių iš modifikuoto krakmolo kleisterio ir eterinio aliejaus paruošiama emulsija, kuri sumaišoma su plėvėdariu. Norint pagaminti kokybiškas plėveles su bioaktyvia danga būtina naudoti geros kokybės medžiagas ir užtikrinti kad šių medžiagų kompozicija būtų kuo homogeniškesnė. Reikiamam homogeniškumui pasiekti naudojamas maišymas. Pagrindinis maišymo tikslas – gerai disperguoti ir išmaišyti kompozicijos mišinio komponentus. Siekiant šio tikslo reikia tinkamai parinkti maišymo būdą, maišymo intensyvumą, trukmę ir naudojamą įrenginį. Maišyti naudojami būdai[7]:

- **Pneumatinis.** Maišant per skystį leidžiamas dujų srautas. Privalumai: 1) maišymo aparate nėra judančių dalių; 2) nedidelės eksploatacijos išlaidos; 3) naudojant suslėgtą orą, maišymo darbą atlieka oro turima energija.
- **Cirkuliacinis.** Skystis siurbliu transportuojamas uždaru kontūru. Jie gali būti sraigtiniai maišikliai su nuvedamu vamzdžiu-difuzoriumi. Sraigtinis maišiklis šiuo būdu veikia kaip siurblys ir sudaro uždara cirkuliacijos kontūrą. Tai pat cirkuliacijos kontūrai sudaryti gali būti naudojami kilpiniai reaktoriai.
- **Mechaninis.** Skirstomi pagal sukimosi dažnį: 1) lėtaeigiai, kurių mentelių galų apskritiminis greitis yra nuo 1 iki 3 m/s, o sukimosi dažnis - nuo 30 iki 90 min⁻¹; 2) greitaeigiai, kurių menčių galų apskritiminis greitis yra nuo 3 iki 20 m/s, o sukimosi dažnis - nuo 100 iki 3000 min⁻¹.

Tai pat mechaninis maišymas skirstomas pagal maišiklių konstrukciją į mentinius, rėminius, sraigtinius, propelerinius, juostinius, grandiklinius ir t. t. [7].

Mentinių maišiklių privalumai yra paprasta jų konstrukcija, pigi gamyba ir eksploatacija, tačiau dėl silpno sukeliama ašinio skysčio srauto jie negali visiškai sumaišyti medžiagų visame aparato tūryje. Ašinis skysčio srautas padidinamas įtaisius 30° kampų į maišiklio ašį pasvirusias menteles [7].

Inkariniai maišikliai yra aparato dugno formos, todėl maišymo metu nuo aparato sienelių ir dugno nuvalo nuosėdas. Jais maišomi klampūs skysčiai [7].

Sraigtiniai maišikliai yra sraigto formos ir, kaip ir juostiniai, naudojami klampiams skysčiams maišyti [7].

Propeleriniai maišikliai būna su dviem arba su trimis propeleriais. Jie pasižymi siurblio efektu ir naudojami skysčio cirkuliacijai suintensyvinti [7].

Turbininiai maišikliai gaminami turbinų ratų formos su plokščiomis, pasvirusiomis ir kreivomis mentėmis. Turbinos būna atviros ir uždaros. Turbininiai maišikliai intensyviai maišo visame aparato darbiname tūryje. Jais maišomi klampūs skysčiai, taip pat stambių dalelių suspensijos [7].

Pasirinktas mechaninis greitaeigis maišymas, nes tik jis gali užtikrinti efektyvų ir tinkamos kokybės klampių skysčių homogenizavimą. Emulsijai gauti bus naudojamas frezos formos maišiklis.

4.2.4. Dangos formavimas

Pramonėje naudojami dangų formavimo būdai:

Skaitmeninė spauda. Tai labai našus, paprastesnis lyginant su ofsetine spaudos būdas. Nereikia gaminti spaudos formų, duomenys iš karto siunčiami į spausdinimo įrenginį, tiesiogiai formuojant vaizdą[10].

Ofsetinė spauda. Tinka didelių tiražų spaudai. Nepriklausomai nuo spaudos kiekio kokybė išlieka pastovi. Ilgas gamybos ciklas, reikalingas spausdinimo formų paruošimas[10].

Šilkografija. Dangos formuojamos šabloninio audinio pralaidumo dažams principu. Iš audinių gaminami trafaretai, gali būti dedami ant bet kokio paviršiaus[10].

Fleksografinė spauda sudaro galimybę atlikti didelių apimčių darbus per trumpą laiką už nedidelę kainą. Fleksografinėje spaudoje naudojami skysti ir greitai džiūstantys alkoholio pagrindu ir vandeniniai dažai, kurių kompozicijos iš dažų vonelės aniloksinio veleno pagalba yra perduodamos elastinei spaudos formai, iš kurios dažai nukeliauja ant medžiagos. Keičiant aniloksinius velenus su skirtingo dydžio ir gylio akutėmis yra atliekamas dažų normavimas. Braukimo peilis nustato dozavimo tikslumą. Dažų normavimas nėra toks tolygus kaip ofsetinėje spaudoje, bet pasižymi laiptuotumu, tad tokiu atveju spalvų atvaizdavimas nėra toks tikslus, bet jis nekinta viso tiražo metu [6].

Projektuojamoje gamyboje bus naudojama fleksografinės spaudos technologija, nes spausdinimo kokybė yra tinkama pasirinktam gaminiui, būdingas nedidelis spausdinimo brokas bei optimalūs spausdinimo kaštai. Vandeninės dangos formavime negalima naudoti skaitmeninės spausdinimo technologijos, todėl pasirenkama fleksografinės spaudos technologija, nes reikalinga užnešti bioaktyvią biopolimero dangą su įmobilizuotu kmyną aliejumi. Fleksografinės spaudos technologijai yra būdingos šios stadijos[6]:

Plėvelės išvyniojimas. Gali būti atliekamas centrine ir periferine pavaromis[6].

Projektuojamoje gamyboje bus naudojamas periferinės pavaros išvyniojimo būdas, nes jis užtikrina nekintantį linijinį plėvelės tiekimo greitį.

Dangos užnešimas. Fleksografinėje spaudos mašinoje dažai yra užnešami taškelių pavidalu ant dažomo paviršiaus. Ant dažančiojo veleno uždedama spausdinimo forma, kuri yra pagaminta iš elastingo polimero. Dangos paviršiuje spaudos kompozicija pernešama nelygumų viršūnėlėmis. Spaudos kompozicija perduodama veleno pagalba iš kompozicijos vonios aniloksiniam velenui, kuris tolygiai perduoda tam tikrą kompozicijos kiekį spaudos formoms.

Aniloksinio veleno tekstūra susideda iš tūkstančių mažų, kibirėlio formos įdubimų, kurių kiekis ir lemia kompozicijos kiekio perdavimą spaudos formai. Kompozicijos perteklius nuo aniloksinio veleno nubraukiamas peiliu. Likęs kiekis perteikiamas spaudos formai, kuri palieka kompozicija ant spausdinamos medžiagos paviršiaus[6].

Dangos džiovinimas. Yra būtinas kadangi nepašalinus tirpiklių ir drėgmės iš dangos, ji galutinai nesusiformuoja ir vyniojant plėvelė gali prilipti prie kito paviršiaus. Toks defektas gali lemti bioaktyvios dangos nevientisumą.

Medžiagose esantys tirpikliai ir drėgmė gali būti pašalinti šiais metodais[7]:

- Mechaninis (presuojant, filtruojant, centrifiguojant ir kt.) metodas paprasčiausias ir pigiausias, tačiau juo neįmanoma visiškai pašalinti drėgmės.
- Fizikinis cheminis (drėgmę sugeriant higroskopinėmis medžiagomis) taikomas tada, kai norima, kad ilgiau laikoma patalpoje išdžiovinta medžiaga, nesugertų drėgmės iš aplinkos.
- Šiluminis (drėgmė išgarinama ir garai pašalinami nuo medžiagos) plačiausiai pramonėje taikomas džiovinimo būdas. Skirstomas pagal šilumos perdavimą medžiagai: konvekcinis, radiacinis, kontaktinis ir mišrusis.

Šioje gamyboje vienintelis tinkamas būdas yra šiluminis džiovinimas kadangi džiovinamoji danga negali turėti sąlyčio su kitomis medžiagomis. Dėl tos pačios priežasties pasirinktas konvekcinis džiovinimas.

4.2.5. Spausdinimo formų gamyba

Pasirinktai fleksografinėi spaudos technologijai reikalingi spausdinimo velenai, kuriuos sudaro tūta ir ant jos užklijuota polimerinė spausdinimo forma. Šios spausdinimo formos yra gaminamos iš fotopolimerizacijos būdu. Pagal šių formų gamybą, ji skirstoma į skaitmeninę ir analoginę. Analoginėje gamyboje naudojamos negatyvinės plėvelės, o skaitmeninėje negatyvinis vaizdas suformuojamas ir kompiuterio valdomas lazeris išdegina atvaizdo šabloną. Tai pat priklausomai nuo plovimui naudojamo skysčio prigimties skirstomos į plaunamas skiedikliais ir plaunamas vandeniu[11].

Bus naudojama skaitmeninė spausdinimo veleno gamyba, nes ji greičiau pagaminama ir yra geresnės kokybės.

4.2.6. Produkto pjaustymas ir užvyniojimas

Plėvelės rulono pjaustymas gali būti: skersinis, išilginis ir mišrus.

Šioje gamyboje bus naudojamas mišrus pjaustymas (skersai ir išilgai), nes galutinis produktas yra tam tikro ilgio bioaktyvios pakavimo plėvelės rulonai.

4.2.7. Produkcijos saugojimas

Numatyta, jog produkcija bus saugoma toje pačioje patalpoje kaip ir žaliavos. Šiems produktams nebūtinai specialūs saugojimo būdai. Kiekvienas produkto plėvelės rulonas bus įpakuotas į atskirą plastikinį maišelį.

4.2.8. Produkto kokybės kontrolė

Produkto kokybės priežiūrai bus laikomasi tarptautinio standarto ISO 9000. Kokybės tikrinimas skirstomas[12]:

- Mechaninis – tikrinamos produkto mechaninės savybės.
- Biologinis – tikrinamos produkto bioaktyvios savybės.
- Fizikinė – tikrinamos produkto fizikinės savybės.
- Cheminė – tikrinama produkto sudėtis ir jo cheminės savybės.

Projektuojamoje gamyboje bus tikrinama fizikinė kokybės kontrolės, optiškai tikrinama spaudos kokybė.

4.3. Įrenginių parinkimas ir pagrindimas

4.3.1. Pagrindiniai įrenginiai

Pagrindiniai gamybos įrenginiai yra: modifikuoto krakmolo kleisterio paruošimo katilas, greitaeigis maišytuvas, fleksografinė spaudos mašina ir jos džiovykla bei plėvelės pjaustyklė.

Modifikuoto krakmolo kleisterio paruošimo katilas. Modifikuoto krakmolo kleisteriui paruošti bus naudojamas 200l talpos sočiaisiais vandens garais šildomas katilas Elitex 4325,25 su lėtaeigiu maišymu. Katilo techniniai duomenys pateikti 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Katilo 4325,25 (Elitex) techninės charakteristikos

Parametras	Matavimo vnt.	Reikšmė
Katilo talpa	l	200
Katilo skersmuo	mm	553
Garų slėgis	atm	2
Variklio galingumas	kW	1,5
Katilo gabaritai		
Ilgis	mm	700
Plotis	mm	1000
Aukštis	mm	1640
Vidutinės garų sąnaudos	kg/h	2,3

Maišytuvas bioaktyvios dangos kompozicijai paruošti. Parinktas mechaninis greitaeigis homogenizatorius Ultra Turrax T-50 basic (IKA). Šis maišytuvas gali pasiekti reikiamą sukimosi dažnį (10 000 aps/min) ir gali efektyviai išmaišyti didelio tūrio mišinį. Šio maišytuvo techniniai duomenys pateikti 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Homogenizatoriaus Ultra Turrax T-50 basic (IKA) charakteristikos

Variklio galia	700 W
Mažiausias maišymo tūris	0,25 l
Didžiausias maišymo tūris	30 l
Didžiausia maišymo klampa	5000 mPas
Sukimosi greitis	600 - 10000 aps/min
Sukeliamas triukšmas be maišiklio	72 dB(A)
Proceso tipas	Periodinis
Gabaritai (ilgis×plotis×aukštis)	135×110×355 mm
Masė	5,76 kg
Darbinė temperatūra	5 - 40 °C
Leidžiamoji santykinė drėgmė	80%
Saugos klasė	DIN EN 60529 IP 20
Įtampa	220 - 240 / 100 - 120 V
Dažnis	50/60 Hz
Įėjimo galia	1100 W

Fleksografinė spaudos mašina. Lentelėje 4.8 pateiktos įvairių gamintojų fleksografinės spaudos mašinos[13].

4.8 lentelė. Fleksografinės spaudos mašinos

Gamintojas	W&H	RTRY	ZHUDING	BIELONI	W&H	STAR FLEX
Modelis	Olympia 736	320E		CASTELLO	Novoflex C	
Spausdinimo plotis, mm	1170	320	600	1300	2200	1450
Spausdinimo greitis, m/min	200	60	80	350	600	80

Pasirinkta Olympia 736 (W&H) fleksografinės spaudos mašina, kadangi ji yra tinkama mūsų naudojamoms žaliavoms bei yra pakankamo našumo ir palyginti žemos kainos. Lentelėje 4.9 pateikti šios mašinos techniniai duomenys[13].

4.9 lentelė. Fleksografinės spaudos mašinos Olympia 736 (W&H) charakteristikos

Kilmės šalis	Vokietija
Pagaminimo metai	1985
Didžiausias spausdinimo plotis	1070-1170 mm
Spausdinimo pasikartojimai	300-910 mm
Šerdies skersmuo	76-152 mm
Žaliavos	aktyvuotos PP,PE,PET plėvelės
Tipas	nenutrūkstamo veikimo, rankinis pjaustymas
Džiovinimas	Elektrinis
Įėjimo galia	190 kW

Krumpliaračių tipas	evolventiniai
Greitis	120-200 m/min
Išmatavimai, m (ilgis x plotis x aukštis)	14 × 4 × 4

Plėvelės pjaustyklė. Įvairių gamintojų plėvelės pjaustymo įrenginiai pateikti 4.10 lentelėje[13].

4.10 lentelė. Plėvelės pjaustymo įrenginiai

Gamintojas	GOUXIN	Bielloni	Comexi	DP
Modelis	LFQ-1300A	B64	EIKON	1600
Maksimalaus pjaustomo rulono plotis, m	1,3	1,5	1,65	1,6
Minimalus produkto plotis, m	0,03	0,05	0,2	0,8
Maksimalus pjovimo greitis, m/min	160	300	600	120
Papildoma informacija	Pervyniotuvas	Rankinis valdymas	Automatinis valdymas	Automatinis valdymas

Parinkta Comexi EIKON pjovimo mašina turinti didelį pjovimo greitį ir automatinį valdymą. Ši elektrinė mašina neteršia aplinkos ir gali būti naudojama maisto produktų pakuočių gamyboje. Šios pjaustyklės techniniai duomenys pateikti 4.11 lentelėje[13].

4.11 lentelė. Plėvelės pjaustyklės Comexi EIKON techninės charakteristikos

Bendroji charakteristika:	
Maksimalus produkto plotis, mm	600
Nuvyniotuvas:	
Didžiausias plėvelės plotis, mm	1650
Didžiausias rulono plotis, mm	1700
Mažiausias plėvelės plotis, mm	520
Didžiausias ritės diametras, mm	1250
Didžiausia ritės masė, kg	2150
Užvyniotuvas:	
Didžiausias ritės diametras, mm	610
Pjovimo įrenginys:	
Mažiausias pjovimo plotis, mm	20
Įėjimo galia, kW	65
Didžiausias greitis, m/min	600 (priklauso nuo pjaunamos medžiagos)
Gabaritai, m (ilgis × plotis × aukštis)	4 × 3 × 2,5

4.3.2. Pagalbiniai įrenginiai

Spaudos mašinos džiovykla. Projektuojamoje gamyboje bus naudojama nepertraukiamo veikimo atmosferinė purkštuvinės ir tunelinės džiovyklų atmaina, konvejerinė džiovykla su vietiniu keliapakopiu apipūtumu kaloriferyje pakaitintu oru. Džiovinant plėvelę džiovykloje labai svarbu ją prilaikyti tik iš tos pusės, kurioje nėra dangos. Todėl naudojami lanku išdėstyti plėvelės velenėliai tose vietose, kuriose purkštuvai plėvelę apipučia šiltu oru. Džiovykla bus įmontuota fleksografinės spaudos mašinoje.

4.4. Technoliniai režimai

Šiame skyriuje pateikiamos naudojamos žaliavos ir įrenginių darbo parametrai.

4.4.1. Naudojamos žaliavos

Plėvėdaris. Plėvėdarių tirpalai organiniuose tirpikliuose susidaro, ištirpus polimerui organiniame tirpiklyje ar jų mišinyje. Tokiu būdu susidaro termodinamiškai stabili vienfazė sistema. Tirpiklio kiekis tokioje sistemoje gali būti 10-90%.

Formuojant bioaktyvią dangą pasirinktas plėvėdaris Premo®Star OPV FDA WP3P-00AK (gamintojas – FlintGroup) yra tinkamas naudoti fleksografinėje spaudoje ir leistinas kontaktuoti su maisto produktais. Jo privalumai:

- blizgus;
- greitai džiūstantis (tirpiklių garavimo šiluma nedidelė, todėl lengvai išgaruoja);
- aukšta spaudos kokybė;
- paprastas paruošimas.

Modifikuotas krakmolos. Formuojant bioaktyvią dangą bus naudojamas modifikuotas vaškinių kukurūzų krakmolos Capsul®HF (gamintojas - Ingredion Germany GmbH).

Bioaktyvi medžiaga. Formuojant bioaktyvią dangą bus naudojamas gamtinis kmyņu eterinis aliejus PO 125539 (gamintojas Frey+Lau GmbH).

4.4.2. Įrenginių darbo režimai

Šiame poskyryje pateikti įrenginių darbo režimai pagrindinėms gamybos operacijoms atlikti. Darbo režimai artikulams A(1) ir A(2) pagaminti pateikti 4.12 - 4.15 lentelėse.

4.12 lentelė. Emulsijos paruošimo homogenizatoriumi Ultra Turrax T-50 basic darbo režimas.

Operacijos stadijos pavadinimas	Maišiklio apsisukimų skaičius, aps/min	Temperatūra	Maišymo trukmė 30 kg emulsijos paruošti, min
Emulsijos paruošimas	10000	20	15

Homogenizuojama 20 °C temperatūroje 10000 aps/min greičiu. Maišymo trukmė priklauso nuo ruošiamos emulsijos partijos tūrio.

4.13 lentelė. Bioaktyvios dangos kompozicijos paruošimo homogenizatoriumi Ultra Turrax T-50 basic darbo režimas.

Operacijos stadijos pavadinimas	Maišiklio apsisukimų skaičius, aps/min	Temperatūra	Maišymo trukmė 30 kg kompozicijos paruošti, min
Dangos kompozicijos paruošimas	10000	20	5

Maišoma 20 °C temperatūroje 10000 aps/min greičiu. Maišymo trukmė priklauso nuo ruošiamos kompozicijos partijos tūrio.

4.14 lentelė. Bioaktyvios dangos formavimas artikulams A(1) ir A(2) fleksografinė spaudos mašina Olympia 736.

Operacijos pavadinimas	Plėvelės vyniojimo greitis, m/min	Temperatūra, °C	Artikulas
Bioaktyvios dangos formavimas	120	31	A(1) ir A(2)

Optimali proceso formavimo temperatūra yra 31 °C, nes tik tokioje temperatūroje susiformuoja kokybiškos dangos sluoksnis, pašalinami tirpikliai ir drėgmė.

4.15 lentelė. Produkto pjaustymas ir vyniojimas artikulams A(1) ir A(2) įrenginiu Comexi EIKON.

Operacijos pavadinimas	Plėvelės vyniojimo greitis, m/min	Temperatūra, °C	Artikulas
Produkto pjaustymas ir vyniojimas	400	20	A(1) ir A(2)

Pjaustymas vykdomas kambario temperatūroje 400 m/min greičiu.

4.5. Pagrindinių įrenginių kiekio apskaičiavimas

Apskaičiuojant reikalingus kiekius įrenginių, kurie pagamins numatomą produkcijos kiekį, reikia įvertinti ir įrenginių priežiūrai reikalingą laiką. Gamybiniams įrenginiams bus atliekami vidutiniai, periodiniai ir kapitaliniai remonto darbai. Vidutinio remonto metu įrenginiai dalinai išardomi, atnaujinamos susidėvėjusios dalys ir atliekamas reguliavimas. Kapitalinio remonto metu įrenginiai yra pilnai išardomi, keičiamos visos susidėvėjusios dalys, iš naujo sureguliuojami ir išbandomi įrenginiai.

Projektuojamoje gamyboje bus 2 nuolatinio veikimo įrenginiai: fleksografinė spaudos mašina Olympia 736 ir plėvelės pjaustyklė EIKON. Kadangi pjaustyklės našumas didesnis nei spaudos mašinos, todėl pjaustyklė dirbs vieną, o spaudos mašina dvi pamainas per parą.

Skaičiavimuose naudojamos santrumpos:

P – pamainų skaičius

PT – pamainos trukmė, min

AT – įrenginio aptarnavimo trukmė, d

KRT – įrenginio kapitalinio remonto trukmė, d

KRP – įrenginio kapitalinio remonto periodiškumas, d

VRT – įrenginio vidutinio remonto trukmė, d

VRP – įrenginio vidutinio remonto periodiškumas, d

PAK – prastovos aptarnavimo koeficientas

BKRT – bendra įrenginio kapitalinio remonto trukmė, %

BVRT – bendra įrenginio vidutinio remonto trukmė, %

BRT – bendra įrenginio remonto trukmė, %

PRT – įrenginio prastovos dėl planinių remontų koeficientas

Skaičiavimams naudojami duomenys iš 4.3. lentelės. Įrenginio Olympia 736 darbo režimų artikului A(1) skaičiavimai pateikti 4.16. lentelėje.

$$PT = \text{pamainos trukmė}(\text{val}) * 60 = 8 * 60 = 480 \text{ min}$$

$$PAK = (PT - AT) / PT = (480 - 20) / 480 = 0,96$$

$$BKRT = KRT * 100 / KRP = 30 * 100 / 1430 = 2,10 \%$$

$$BVRT = VRT * 100 / VRP = 4 * 100 / 122 = 3,3 \%$$

$$BRT = BKRT + BVRT + 2 = 2,1 + 3,3 + 2 = 7,4$$

$$PRT = (100 - BRT) / 100 = (100 - 7,4) / 100 = 0,93$$

4.16 lentelė. Duomenys apie įrenginių aptarnavimo ir remonto trukmes.

Įrenginys	Artikulas	P	A T	KR T	KR P	VR T	VR P	PT	PA K	BKR T	BVR T	BR T	PR T
W&H Olympia736	A(1)	2	20	30	143 0	4	122	48 0	0,9 6	2,10	3,28	7,4	0,9 3
W&H Olympia736	A(2)	2	20	30	143 0	4	122	48 0	0,9 6	2,10	3,28	7,4	0,9 3
Comexi EIKON	A(1)	1	20	10	120 0	2	150	48 0	0,9 6	0,83	1,33	4,2	0,9 6
Comexi EIKON	A(2)	1	20	10	120 0	2	150	48 0	0,9 6	0,83	1,33	4,2	0,9 6

Pjaustyklei EIKON ir artikului A(2) skaičiavimai atliekami analogiškai.

V – greitis, m/min

N – įrenginio našumas metrai per parą, m/parą

RK – reikalingas įrenginio kiekis

BRK – bendras reikalingas įrenginio kiekis

Reikalingi įrenginių kiekiai apskaičiuoti 4.17. lentelėje. Duomenys paimti iš 4.14., 4.15., 4.16. ir 4.4. lentelių. Skaičiavimai A(1) artikului, skaičiavimai artikului A(2) atliekami analogiškai:

$$N=V*PT*P*PAK*PRT=120*480*2*0,96*0,93=102256,2 \text{ m/parą}$$

$$RK= P\check{Z}_m/N= 40492/102256,2=0,4$$

4.17 lentelė. Įrenginių kiekio skaičiavimo rezultatai

Įrenginys.	Artikulas	PT	V	PAK	PRT	PŽ _m	N	RK	BRK
W&H Olympia736	A(1)	480	120	0,96	0,93	40492	102256,2	0,4	0,8
W&H Olympia736	A(2)	480	120	0,96	0,93	40492	102256,2	0,4	
Comexi EIKON	A(1)	480	400	0,96	0,96	40492	176333,4	0,2	0,4
Comexi EIKON	A(2)	480	400	0,96	0,96	40492	176333,4	0,2	

Bendras reikalingas įrenginių Olympia 736 ir EIKON kiekis:

$$BRKI=RK(A(1))+RK(A(2))=0,4+0,4=0,8$$

$$BRKII= RK(A(1))+RK(A(2))=0,2+0,2=0,4$$

Gamybai reikalingi įrenginių kiekiai pateikti 4.18 lentelėje.

4.18 lentelė. Projektuojamoje gamyboje reikalingų įrenginių suvestinė.

Įrenginys	Maišytuvas	Fleksografinės spaudos mašina	Pjaustyklė	Kaitinimo katilas
Pavadinimas	Ultra – Turrax T-50 basic	Olympia 736	EIKON	Elitex
Kiekis	1	1	1	1
Gabaritai, m (ilgis, plotis, aukštis)	0,135×0,110×0,355	14 × 4 × 4	4 × 3 × 2,5	0,7 × 1,0 × 1,64
Galia, kW	1,1	190	65	1,5

4.6. Cheminių medžiagų skaičiavimas

Projektuojamoje gamyboje be pagrindinių žaliavų, norint gauti galutinį produktą, bus naudojamos ir pagalbinės cheminės medžiagos. Jas sudaro bioaktyvi medžiaga, modifikuotas krakmolai, distiliuotas vanduo ir plėvėdaris. Sudarant bioaktyvios dangos liejimo kompoziciją, plėvėdaris bus maišomas su emulsija, sudaryta iš modifikuoto krakmolo 20 % vandeninio kleisterio ir bioaktyvios medžiagos. Reikalingas emulsijos kiekis yra 60 % nuo plėvėdario kiekio. Emulsija yra sudaryta iš 5,9 % bioaktyvios medžiagos, 14,4 % modifikuoto krakmolo ir 79,7 % distiliuoto vandens.

Naudojamas plėvėdaris yra komercinis produktas Premo Star OPV FDA WP3P-00AK, kuriame yra 40% sausųjų medžiagų. Taip naudojamas modifikuotas vaškinių kukurūzų krakmolai Capsul®HF, kuriame yra 93,77 % sausųjų medžiagų ir 6,23 % drėgmės. Kaip bioaktyvi medžiaga naudojamas kmynų eterinis aliejus.

Medžiagų kiekių skaičiavimams naudojamos santrumpos:

UDP – užnešamos dangos plotis, m

DP – dangos plotas, m²

ŠDI – šlapios dangos išėiga, g/m² (ŠDI=14 g/m²)

DPP – dangos padengimo plotas, % (DPP=10%)

PKP – plėvėdario kiekis parai, kg

EKP – emulsijos kiekis parai, kg

BMKP – bioaktyvios medžiagos kiekis parai, kg

KKP – modifikuoto krakmolo kiekis parai, kg

VKP –distiliuoto vandens kiekis parai, kg

Artikulo A(1) pagalbinių cheminių medžiagų skaičiavimai pateikti 4.19 lentelėje. Duomenys paimti iš 4.4 lentelės.

$$DP=P\check{Z}_m*UDP=40492*0,5=20246,2 \text{ m}^2$$

$$PKP=DPP*(\check{S}DI/1000)(PP/100)=20246,2*(14/1000)(10/100)=28,34 \text{ kg}$$

$$EKP=PKP*(60/100)=17 \text{ kg}$$

$$BMKP=EKP*(5,9/100)=17*(5,9/100)=1 \text{ kg}$$

$$KKP=EKP*(14,4/93,77) =17*(14,4/93,77)=2,6 \text{ kg}$$

$$VKP=EKP-(BMKP+KKP)=17-(1+2,6)=13,4 \text{ kg}$$

Artikului A(2) skaičiavimai atliekami analogiškai. Artikulų A(1) ir A(2) pagalbinių cheminių medžiagų skaičiavimai pateikti 4.19 lentelėje.

4.19 lentelė. Pagalbinių cheminių medžiagų kiekiai parai

Artikulas	P \check{Z}_m	UDP, m	DPP, m ²	$\check{S}DI$, g/m ²	PP, %	PKP, kg	BMKP, kg	KKP, kg	VKP, kg
A(1)	4049 2	0,5	20246,2	14	10%	28,34	1	2,6	13,4
A(2)	4049 2	0,5	20246,2	14	10%	28,34	1	2,6	13,4

Artikului A(1) naudojama skaidri plėvelė, o A(2) matinė, todėl žaliavinių plėvelių kiekiai skaičiuojami atskirai, dėl skirtingų jų svorių. Duomenys skaičiavimams paimti iš 4.2., 4.4. ir 4.19 lentelių.

$$\text{Kiekis metams}=\text{kiekis parai}*\text{darbo dienų skaičius}=40492*252=10204082 \text{ m}$$

$$\text{Kiekis parai}=\text{kiekis parai}*\text{linijinio metro masė}=40492*9,84/1000=398,4 \text{ kg}$$

$$\text{Kiekis metams}=\text{bendras kiekis parai}*\text{darbo dienų skaičius}=398,4*252=100408 \text{ kg}$$

4.20 lentelė. Visų žaliavų kiekiai parai ir metams

	A(1)	A(2)	Kiekis parai, m	Kiekis metams, m	Bendras kiekis parai, kg	Bendras kiekis metams, kg
Skaidri plėvelė	40492	-	40492	10204082	398,4	100408
Matinė plėvelė	-	40492	40492	10204082	437,3	110204
Plėvėdaris, kg	28,34	28,34	-	-	56,7	14285,7
Kmyną eterinis aliejus, kg	1,0	1,0	-	-	2,0	504,0
Modifikuotas krakmolos, kg	2,6	2,6	-	-	5,2	1310,4
Distiliuotas vanduo, l	13,4	13,4	-	-	26,8	6753,6

4.7. Garo, vandens ir elektros energijos sąnaudų apskaičiavimas

Projektuojamoje gamyboje bus naudojamas garas, distiliuotas vanduo ir elektros energija.

Elektros energijos sąnaudos kiekvienam įrenginiui apskaičiuotos ir pateiktos 4.21 lentelėje. Elektros energija tai pat naudojama apšvietimui. Skaičiavimuose naudojamos santrumpos:

N – galia, kWh

K_{ni} – įrenginio naudingo veikimo koeficientas ($K_{ni}=0,95$)

PRT – įrenginio prastovos dėl planinių remontų koeficientas (iš 4.17.lentelės)

K_{vn} – variklių naudingo veikimo koeficientas ($K_{vn} = 0,8$)

E_p – elektros energijos sąnaudos parai

Elektros energijos skaičiavimai fleksografinė spaudos mašinai Olympia736, kitų įrenginių skaičiavimai atliekami analogiškai:

$$E_p=(N*P*PT* K_{ni}*PRT*n)/ K_{vn}=(190*2*8*0,95*0,93*1)/0,8=3343,7 \text{ kWh}$$

4.21 lentelė. Įrenginių galia, jų darbo trukmė ir sunaudojama elektros energija

Įrenginys	Įrenginių kiekis	Galios, kW	Įrenginio darbo trukmė paroje, h	Elektros energijos sąnaudos paroje, kWh
Fleksografinė spaudos mašina Olympia736	1	190	16	3343,7
Pjaustyklė EIKON	1	65	8	591,8
Homogenizatorius Ultra – Turrax T-50 basic	1	1,1	1	2,6
Katilas Elitex	1	1,5	1	1,9
Viso:				3940,0

Per darbo dieną maišytuvas turės sumaišyti 91 kg bioaktyvios dangos kompozicijos, tai truks apie 1 valandą (maišymas vykdomas porcijomis po 30 l). Katile Elitex per valandą bus pagaminama modifikuoto krakmolo kleisterio, kurio pakas 5 darbo dienoms, todėl skaičiuojant šio įrenginio elektros energijos ir garo sąnaudas į tai atsižvelgta.

Apšvietimui yra sunaudojama apie 10% nuo technologiniams tikslams sunaudotos elektros energijos:

Bendros elektros energijos sąnaudos = Elektros energijos sąnaudos technologiniams procesams*1,10=3940*1,10=4334 kWh.

Projektuojamoje gamyboje technologiniams procesams ir buitiniams reikmėms bus naudojamas distiliuoto vanduo. Katilas bus praplaunamas kartą per 5 darbo dienas. Taip pat bus naudojamas vanduo skirtas maišytuvui praplauti. 4.22 lentelėje pateiktos distiliuoto vandens sąnaudos.

4.22 lentelė. Projektuojamos gamybos distiliuoto vandens sąnaudos

	Parai, m ³	Metams, m ³
Dangai paruošti sunaudojamas vanduo	0,03	6,8
Katilo praplovimui	0,10	5,0
Buitiniams reikmėms	0,10	25,2
Viso:	0,23	37,0

Garas bus naudojamas katilo Elitex šildymui. Garo sąnaudos per valandą, parą ir per metus pateiktos 4.23 lentelėje.

4.23 lentelė. Projektuojamos gamybos garo

Įrenginys	Kiekis	Įrenginio darbo trukmė paroje, val	Garų sąnaudos kg/val	Garų sąnaudos metams, kg
Katilas "Elitex"	1	1	2,3	115,92

Garų sąnaudos metams=garų sąnaudos per parą*darbo dienų skaičius/5=2,3*252/5=115,92 kg

4.24 lentelėje pateiktos bendros energijos sąnaudos.

4.24 lentelė. Bendros projektuojamos gamybos vandens, elektros energijos ir garų sąnaudų suvestinė lentelė

Energijos rūšis	Sąnaudos parai	Sąnaudos metams
Vanduo, m ³	0,23	37,0
Elektros energija, kWh	4334,0	1092157,9
Garas, kg	2,3	115,9

5. DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA

Darbuotojas yra supažindinamas su įmonėje gaminamu produktu, su galimais pavojais esant gamybinėje ir sandėliavimo patalpoje, su aplinkoje išsiskiriančių pavojingų bei kenksmingų medžiagų poveikiu žmogaus sveikatai, su galimomis avarijomis, su atitinkamais ženklais ir jų reikšme bei evakuacijos planu. Kadangi, technologinėje linijoje yra skirtingi įrenginiai ir kelios patalpos, todėl sveikatos ir saugos instrukcijos skirstomos [14]:

- Sandėliuojančio chemines medžiagas saugos ir sveikatos instrukcija
- Dirbančiojo su elektriniais įrenginiais saugos ir sveikatos instrukcija
- Bendroji priešgaisrinės saugos instrukcija
- Pirmosios pagalbos suteikimo instrukcija

Kiekviena įmonė turi aprūpinti darbuotoją apsauginėmis priemonėmis, sudaryti saugią ir nepavojingą (arba kuo mažiau pavojingą) sveikatai darbo aplinką. Asmeninių apsaugos priemonių (AAP) naudojimo norma – darbuotojui apsaugos priemonės neturi trukdyti judėjimui, reikiamų darbų atlikimui [15]. AAP, kurios reikalingos projektuojamai gamybai:

1. **Darbuotojo apranga** – turi būti nešiurkšti, be aštrių briaunų, išsikišimų kurie gali būti įtraukti besisukančių elektros prietaisų. Šias savybes turi chalatas.
2. **Veido, akių ir kvėpavimo takų AAP** – naudotojo matomumas turi būti minimaliai ribojamas (apsauginiai akiniai), kvėpavimo takų apsaugai naudojamos veido kaukės. Ruošiant kompozitinę bioaktyvią emulsiją, bei plaunant įrenginius ar talpas darbuotojas privalės dėvėti apsauginius akinius ir veido kaukę.
3. **Apsauga nuo kritimo paslydus (avalynė)** – nuo slydimo apsauganti avalynė turi būti sumodeliuota ir pagaminta taip, kad atsižvelgiant į paviršiaus pobūdį ar struktūrą, svorio ir trinties veikiami, užtikrintų reikiamą sukibimą su paviršiumi. Gamybinėse ir sandėliavimo patalpose darbuotojas privalės dėvėti darbinius su ne slydžiu padu batus, kurie tai pat su pirštus apsaugančia nerūdijančio plieno nosele.
4. **Drėgmei karščiui atsparios pirštinės**. Ruošiant kompozitinę bioaktyvią emulsiją darbuotojas privalės dėvėti pirštines apsaugančias rankas nuo sąlyčio su ruošiama emulsija.
5. **Galvos apdangalas**. Reikalingas darbuotojui maišant kompozitinę emulsiją, kad į talpą nepatektų plaukų ir šitaip nebūtų užteršiama bioaktyvios dangos kompozicija.

Gamyboje bus naudojami elektriniai prietaisai turintys judančių dalių. Ant prietaisų bus užklijuotos etiketės įspėjančios apie įtraukimo ar susižeidimo pavojų. Darbuotojai galės naudoti įrenginius tik susipažinę su jų veikimo principais ir veiksmais kilus nelaimingam atsitikimui naudojant įrenginį.

Pilant plėvedarį ar eterinį aliejų būtina dėvėti apsauginę kvėpavimo takų kaukę kadangi jų sudėtyje yra lakių junginių kurių didelės dozės gali sukelti įvairius sveikatos negalavimus.

Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai nurodo, kad 8 valandų darbo dienos ribinė triukšmo ekspozicijos vertė LEX negali būti didesnė nei 87 dB [16]. Projektuojamoje gamyboje sukiamas triukšmo lygis nesiekia šios vertės, tačiau esant poreikiui darbuotojai galės naudoti garsus izoliuojančias ausines.

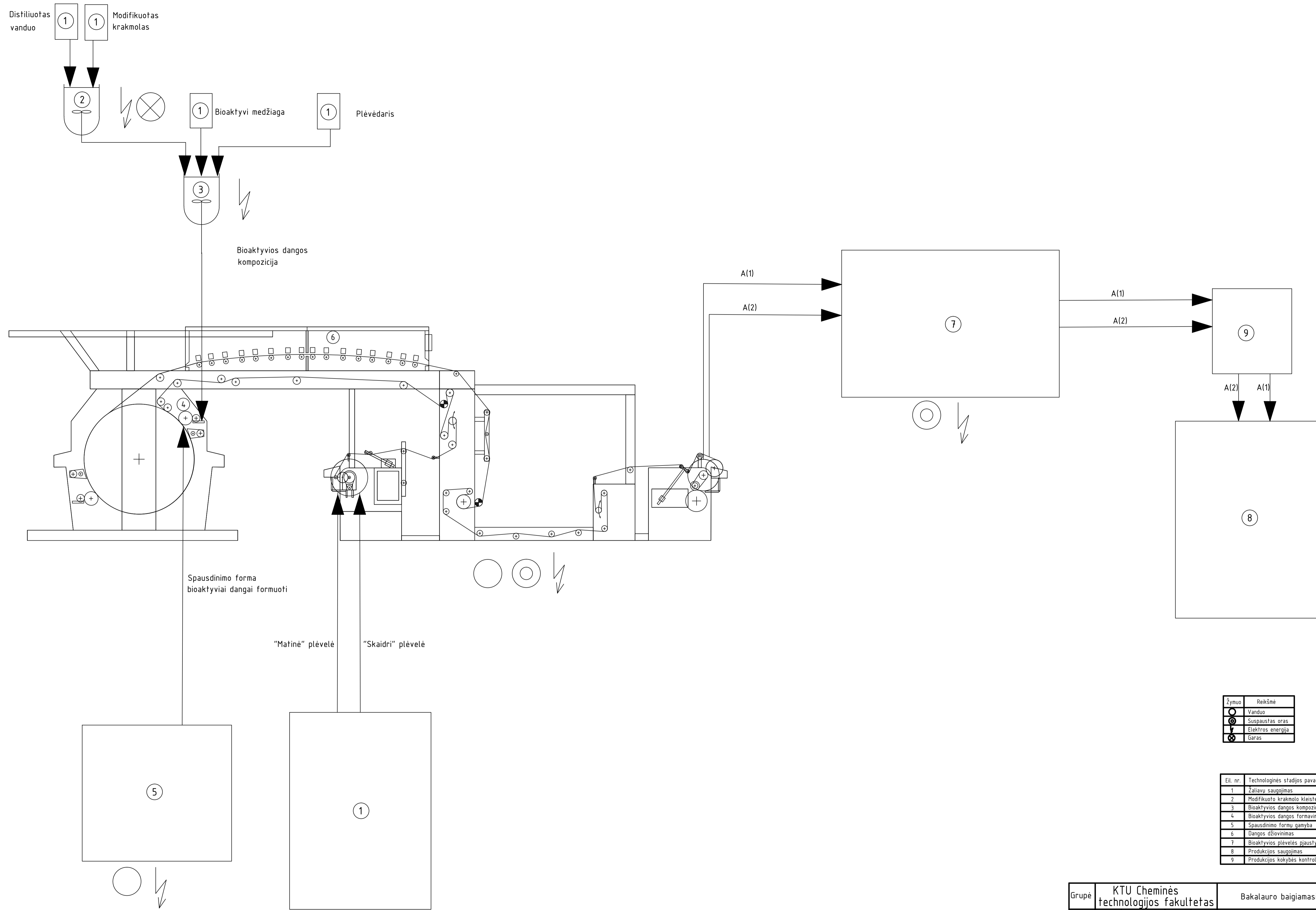
IŠVADOS:

1. Ištirtos modifikuoto krakmolo Capsul HF ir kmynų eterinio aliejaus emulsijų susidarymo sąlygos ir savybės. Nustatyta, kad kokybišką submikroninio ar mikroninio dydžio lašelių emulsiją galima gauti naudojant 20 % modifikuoto krakmolo kleisterį ir ne daugiau kaip 300 % eterinio aliejaus nuo modifikuoto krakmolo masės. Emulsijos išliko stabilios nuo 1 iki 70 valandų, o jų stabilumas priklausė nuo eterinio aliejaus koncentracijos emulsijoje: didėjant eterinio aliejaus kiekiui, emulsijos stabilumas mažėjo.
2. Ištirtos bioaktyvios dangos ant orientuoto polipropileno plėvelės formavimo sąlygos ir stabilumas. Nustatyta, kad geros kokybės homogenišką dangą galima gauti naudojant komercinį plėvėdaryį Premo®Star OPV FDA WP3P-00AK ir ne daugiau kaip 100 % emulsijos nuo plėvėdario masės. Kmynų eterinio aliejaus kiekis dangoje mažėjo laikui bėgant, o jo kiekis modifikuoto krakmolo turinčioje dangoje išliko didesnis lyginant su danga be modifikuoto krakmolo.
3. Suprojektuota dviejų pakavimo plėvelių padengimo bioaktyvia danga technologinė linija, kurios metinė gamybos apimtis yra 12 milijonų kvadratinių metrų pakavimo medžiagos.
4. Parinkta ir pagrįsta bioaktyvios dangos formavimo ant orientuoto polipropileno plėvelės technologija, parinkti įrenginiai, sudaryti atliekamų operacijų technologiniai režimai.
5. Apskaičiuotas reikalingas žaliavų, cheminių medžiagų ir įrenginių kiekis, vandens, garo bei elektros energijos sąnaudos.
6. Paruoštas brėžinys: pakavimo medžiagų padengimo bioaktyvia danga technologinė schema.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 2004, vol.94, p. 225-226.
2. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, 2008 vol.46, p. 449-450.
3. Wei A., Shibamoto T. Antioxidant Activities and Volatile Constituents of Various Essential Oils. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol.55 p.1737-1740.
4. Sunga S.Y, Sina L., Teea T.T, Beea S.T., Rahmatb A.R., Rahmanb W.A.W.A., Tana A.C., Vikhramana M. Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, vol. 33, p. 112-121.
5. Amparo L.R., Gavara R., Lagaron J. M. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, vol.17, p. 570.
6. [žiūrėta 2015-05-01]. Prieiga per internetą: <http://www.pakuote.lt/fleksografine-spauda.htm>
7. Balandis A., et al. Chemijos inžinerija. Kaunas 2008.
8. [žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <https://www.organicfacts.net/health-benefits/essential-oils/health-benefits-of-cumin-essential-oil.html>.
9. [žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4088.htm>.
10. [žiūrėta 2015-05-25]. Prieiga per internetą: <http://www.spaustuve.lt/jokuzio/veikla.html>.
11. [žiūrėta 2015-05-20]. Prieiga per internetą: <http://www.pakuote.lt/spaudos-formos.htm>.
12. Čereška A., Pauža V. Kokybės analizė ir valdymas. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2005.
13. [žiūrėta 2015-05-10]. Prieiga per internetą: <http://www.alibaba.com>.
14. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai, 2001, nr. 97/406, žiūrėta [2015 05 20]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=145860&p_query=&p_tr=2.
15. Dėl darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatų patvirtinimo. 2007, nr. AI-331. Žiūrėta [2015 05 20]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=TAR.63FFB1A69855>.

16. „Dėl Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo“ pakeitimo. 2013, nr. A1-310/V-640. Žiūreta [2015-05-20]. Prieiga per internetą: https://www.e-tar.lt/rs/legalact/TAR.6AD924EDE58B/format/OO3_ODT/



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Bakalauro baigiamasis darbas
TBB-1	Projektavimas, Bačulis	Pakavimo plėvelių padengimo bioaktyvia danga technologinė linija
	Vadovas: R. Rutkaite	
	Recenzentas: J. Sirvalytė	
		Technologinė gamybos schema
		Laida
		0
Pr. etapas	Polimerų chemijos ir technologijos katedra	2015-BBD-0T
BBD	LT-50254 Radviėnu pl. 19, Kaunas	Lapas Lapų
		1 1