



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS FAKULTETAS

MECHATRONIKOS, ROBOTIKOS IR SKAITMENINĖS GAMYBOS KATEDRA

Aistė Marcinkutė

**MAISTO PRODUKTŲ KARTONINĖS PAKUOTĖS BARJERINIŲ SAVYBIŲ
TYRIMAS**

**RESEARCH OF BARRIER PROPERTIES OF FOOD PAPERBOARD
PACKAGING**

Baigiamasis magistro darbas

Spaudos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H74001

Gamybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2020

Vilniaus Gedimino technikos universitetas Mechanikos fakultetas Mechatronikos, robotikos ir skaitmeninės gamybos katedra	ISBN ISSN Egz. sk. Data-.....-.....
Antrosios pakopos studijų Spaudos inžinerijos programos baigiamasis magistro darbas Pavadinimas Maisto produktų kartoninės pakuotės barjerinių savybių tyrimas Autorius Aistė Marcinkutė Vadovas dr. Rimantas Stonkus	
Kalba: lietuvių	
Anotacija Baigiamajame magistro darbe yra pateikiami įvairių storių bei gramatūrų kartonų barjerinių savybių tyrimo skirtingose aplinkose rezultatai. Dėl vis daugėjančių plastiko pakuočių atliekų aplinkoje stengiamasi naudoti ekologiškesnių medžiagų – kartono – produktų pakuotes. Pakuotės turi apsaugoti produktą nuo išorinių veiksnių, bet tuo pačiu neprarasti prekinės išvaizdos. Todėl siekiama išsiaiškinti kokios kartonų savybės bei temperatūrų skirtumai gali turėti įtakos kartonų gebėjimui išlaikyti barjerą nuo drėgmės ir riebalų. Kartonai tiriami skirtingose terpėse – šaltoje, natūralioje ir šiltoje – ant kartonų laikant riebios konsistencijos medžiagas. Tyrimo metu buvo fiksuojama atsiradusi dėmė bei kiti pažeidimai ir kreipiamas dėmesys į temperatūros daromą įtaką defektų susidarymui. Išanalizuoti tyrimo rezultatai ir pateiktos labiausiai ir mažiausiai paveiktos kartono rūšys ir veiksniai, galėję turėti įtakos šiems rezultatams. Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, kartonų barjerinėms savybėms įtaką darančių veiksnių apžvalga, tyrimo metodika, tyrimo rezultatai ir jų aptarimas, išvados ir literatūros sąrašas. Darbo apimtis: 61 psl. be priedų, 34 iliustracijos, 3 lentelės, 23 bibliografiniais šaltiniais.	
Prasminiai žodžiai: kartonas, maisto produktų pakuotės, barjerinės savybės, skirtingos terpės.	

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Mechanics Department of Mechatronics, Robotics and Digital Manufacturing	ISBN ISSN Copies No. Date-.....-.....
Master Degree Studies Printing Engineering study programme Master Graduation Thesis Title Research of Barrier Properties of Food Paperboard Packaging Author Aistė Marcinkutė Academic supervisor Rimantas Stonkus	
Thesis language: Lithuanian	
Annotation The final Master's thesis contains results of study on barrier properties of cardboard of varying thicknesses and grammage in various environments. Due to the increasing amount of plastic packaging waste, efforts are being made to convert to more environmentally friendly packaging materials, such as cardboard. Packaging needs to protect the product from external influences while maintaining marketable appearance. Therefore, the aim is to determine what properties of cardboard and temperature differences can affect the ability of cardboard to retain a barrier against moisture and grease. Cardboard is tested in different media – cold, natural and hot – by putting greasy materials on the surface. In the study, the resulting stain and other damages were recorded and the influence of temperature on the formation of defects was noticed. The results of the study were analyzed and the most and least affected types of cardboard and the factors that may have influenced these results are presented. The work consists of 6 parts: introduction, a review of influencing factors of barrier properties of cardboard, research methodology, research results with reflection on results, conclusion and references. The work includes: 61 pages without attachments, 34 illustrations, 3 tables and 23 references.	
Keywords: paperboard, food packaging, barrier properties, different environments.	

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	4
LENTELIŲ SĄRAŠAS	5
SANTRUMPOS	6
ĮVADAS	7
1. KARTONŲ BARJERINĖMS SAVYBĖMS ĮTAKĄ DARANČIŲ VEIKSNIŲ APŽVALGA	9
1.1. Temos aktualumas	9
1.1.1. Temos problematika	11
1.1.2. Temos ištirtumo laipsnis	13
1.2. Popieriaus gamybos procesas	15
1.2.1. Plaušienos gamyba	16
1.2.2. Plaušienos balinimas	19
1.2.3. Popieriaus gamyba iš plaušienos	20
1.2.4. Paviršiaus dengimas	24
1.2.5. Baigiamieji popieriaus gamybos procesai	25
1.3. Kartonai ir jų rūšys	26
1.3.1. Kartonų rūšys	26
1.3.2. Kartonų savybės	28
2. TYRIMO METODIKA	30
2.1. Tyrimo medžiagos	30
2.1.1. Kartonai	30
2.1.2. Riebios konsistencijos medžiagos	36
2.2. Tyrimo parametrai	37
2.3. Rezultatų apdorojimas	38
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	38
3.1. Tyrimo natūralioje aplinkoje rezultatai	39
3.2. Tyrimo šaltoje aplinkoje rezultatai	43
3.3. Tyrimo šiltoje aplinkoje rezultatai	47
3.4. Apibendrinti rezultatai	52
IŠVADOS	56
LITERATŪROS SĄRAŠAS	57

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Plastiko produkcijos panaudojimo sferos	11 psl.
2 pav. Plastiko perdirbimo rodiklis	12 psl.
3 pav. Veiksniai, turintys įtakos kartonų barjerinėms savybėms	14 psl.
4 pav. Mechaninio apdirbimo schema	22 psl.
5 pav. Plaušienos gamybos būdai	24 psl.
6 pav. Plaušiena skirtingais balinimo etapais	25 psl.
7 pav. Supaprastinta popieriaus lakštų formavimo schema	27 psl.
8 pav. Supaprastinta lakšto presavimo schema	28 psl.
9 pav. Atspaudų pavyzdžiai, spausdinant ant skirtingai dengtų kartonų	29 psl.
10 pav. Supaprastinta kalandravimo schema	30 psl.
11 pav. Skirtingų kartonų skerspjūviai	33 psl.
12 pav. Kartonų, kontaktuojančių su skirtingomis medžiagomis, pavyzdžiai	42 psl.
13 pav. Tyrimo metu susiformavusių dėmių pavyzdžiai	45 psl.
14 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu	45 psl.
15 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	46 psl.
16 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Multicolor Mirabell“ III kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	47 psl.
17 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Performa Alto“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	47 psl.
18 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Tamfold“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	48 psl.
19 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu	49 psl.
20 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	50 psl.
21 pav. Dėmės dydžio ir formos kitimas, kartonui kontaktuojant su pomidorų padažu	51 psl.
22 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	51 psl.
23 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Multicolor Mirabell“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	52 psl.

24 pav. Vaizdų analizės, atliktos su „Kromopak“ I kartono tyrimo duomenimis, rezultatai	52 psl.
25 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu	54 psl.
26 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	54 psl.
27 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Ensocoat“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	55 psl.
28 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Ensocoat 2S“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	55 psl.
29 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Carta Dedic Fresh“ kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis	56 psl.
30 pav. Vaizdų analizės, atliktos su „Kromopak“ I kartono tyrimo duomenimis, rezultatai	57 psl.
31 pav. Dėmės, susiformavimas skirtingose terpėse ant „Kromopak“ I kartono	59 psl.
32 pav. Dėmės, susiformavimas skirtingose terpėse ant „Kromopak“ II kartono	59 psl.
33 pav. Dėmės, susiformavimas skirtingose terpėse ant „Tamfold“ II kartono	60 psl.
34 pav. Dėmės, susiformavimas skirtingose terpėse ant „Tamfold“ III kartono	60 psl.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė Plaušienos masę papildančios medžiagos	26 psl.
2 lentelė Kiekvienos medžiagos bandomojo testo rezultatai	41 psl.
3 lentelė Būdingi bruožai skirtingose terpėse	58 psl.

SANTRUMPOS

CTMP	Chemi-termomechaninis plaušinimas (angl. <i>Chemi-thermomechanic pulping</i>)
GC1	Dengtas kartonas su baltos spalvos apačia
GC2	Dengtas kartonas su kreminės spalvos apačia
MFC	Mikrofibruota celiuliozė (angl. <i>Microfibrillated Cellulose</i>)
PCW	Popieriaus ir kartono atliekos, susidarančios iš vartotojų ir biurų (angl. <i>Post consumer waste</i>)
PE	Polietilenas
PGW	Suslėgta malta mediena (angl. <i>Pressurized ground wood</i>)
PIW	Pramoninės popieriaus ir kartono atliekos, susidarančios iš įmonių (angl. <i>Pre Consumer Waste of Post Industrial Waste</i>)
SBS	Kartonas, pagamintas tik iš balintos cheminės plaušienos (angl. <i>Solid bleached sulphate</i>)

IVADAS

Pakuotė – tai gaminys, priklausomai nuo jo panaudojimo gaminamas iš įvairių medžiagų. Šis gaminys yra skirtas kitiems gaminiams pakuoti, apsaugoti, gabenti. Pakuotės atlieka svarbų vaidmenį beveik visose pramonės srityse, bet viena iš labiausiai atpažįstamų – maisto pramonė.

Produktų pakuotės gali būti gaminamos iš plastiko, kartono, stiklo, metalo. Dėl žemos gamybos kainos, medžiagos lengvumo dažnai pakuočių gamybai yra pasirenkama pakuotės gaminti iš plastiko. Plastiko pakuotės gali būti daugkartinio naudojimo, tačiau dėl spartėjančio gyvenimo ritmo populiarėja greito vartojimo produktai ir vis daugiau pakuočių tampa trumpalaikio vartojimo gaminiiais. Tokios pakuotės yra panaudojamos trumpą laiką – nuo keleto minučių iki paros ir tampa plastiko atliekomis. Tačiau įvairaus tipo plastiko atliekų apdorojimas yra prastas ir tokios atliekos patenka į aplinką. Dėl daromo neigiamo poveikio aplinkai yra ieškoma ekologiškesnių alternatyvų plastiko pakuotėms pakeisti.

Kaip alternatyva galėtų būti pasiūlyta kartoninė pakuotė. Kartonas yra daugiasluoksnė medžiaga, kuri turi vieną didžiausių perdirbimo rodiklių. Taip pat kartonas yra paveikus klimato veiksniams ir greitai suyra aplinkoje, todėl būtų tinkamas kompostavimui.

Pati pakuotė šiais laikais atlieka ne tik logistinę funkciją, tačiau savo išvaizda ir grafiniais sprendimais daro įtaką produktų pasirinkimui. Atsparumas produktų drėgmei ir riebalams yra viena iš svarbiausių kartoninių pakuočių ypatybių. Medžiagoms pažeidus kartonų barjerus susiformuoja dėmės, pakuotė gali prarasti savo struktūriškumą. Todėl yra svarbu atkreipti dėmesį į veiksnius, kurie gali turėti įtakos kartono kokybei bei bendrai pakuotės išvaizdai. Taip pat panagrinėjus kartonų gebėjimą išlaikyti barjerą, nustatomos universalesnės jo rūšys, tinkamos didesnei gaminių įvairovei.

Tyrimo objektas – kartonų tipai, iš kurių gaminamos pakuotės maisto produktams laikyti ar transportuoti.

Tyrimo tikslas – ištirti skirtingų kartono rūšių, naudojamų maisto produktų pakuočių gamybai, barjerines savybes bei nustatyti tinkamiausias ir mažiausiai tinkamas jo rūšis sąlyčiui su maisto produktais bei kokią įtaką barjerinėms savybėms daro aplinkos pokyčiai.

Tyrimo uždaviniai:

- Išanalizuoti skirtingų tipų kartonus bei jų savybes.
- Pasirinkti tyrimo atlikimo sąlygas atitinkančius produktus, kuriuos naudojant bus tiriamos barjerinės kartonų savybės.

- Atlikti eksperimentinį tyrimą.
- Susisteminti gautus tyrimo rezultatus ir suformuluoti tyrimo išvadas.

Tyrimo metodika

Baigiamajame darbe buvo atliekamas eksperimentinis tyrimas. Kaip tyrimo bandiniai pasirinkti skirtingų gamintojų kartonai, kurie nurodomi kaip galintys turėti sąlytį su maisto produktais. Bandiniai skiriasi savo sudėtimi, storiu bei gramatūra. Analizuojamas šių bandinių gebėjimas išlaikyti barjerą jiems kontaktuojant su riebesnės konsistencijos medžiagomis skirtingų temperatūrų aplinkose. Tyrimas naudojant skirtingas medžiagas parodytų, kaip intensyviai kartonas gali būti veikiamas, kol yra pažeidžiamas barjeras. Taip pat atkreipiamas dėmesys, kaip aplinkos temperatūra gali paveikti kartonų gebėjimą išlaikyti drėgmės ir riebalų prasiskverbimą. Gauti tyrimo rezultatai apdorojami „Microsoft Office 2016“ programiniu paketu bei papildomi rezultatai formuojami naudojant „Matlab“ programinį paketą.

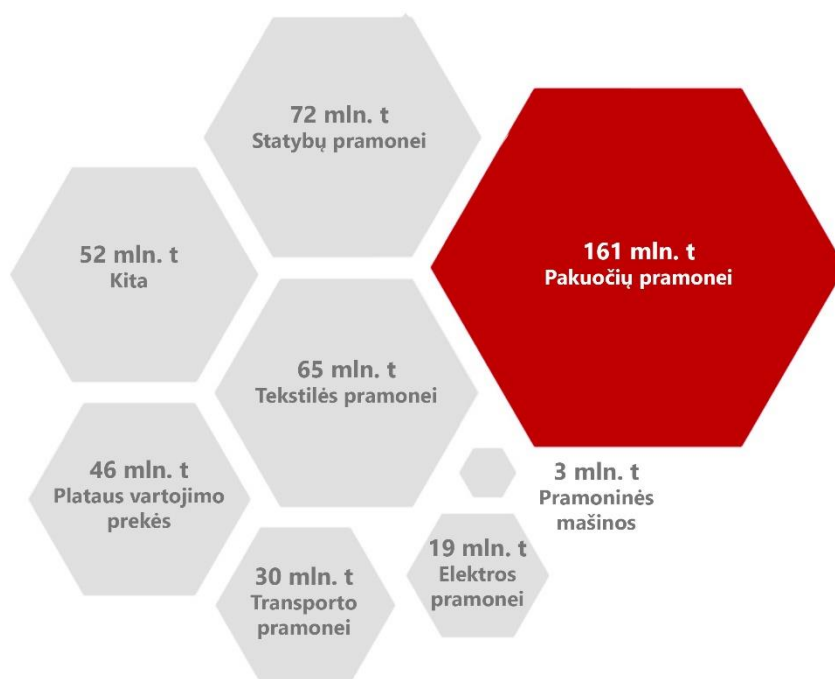
Darbo rezultatų pristatymas

Darbo rezultatai pristatyti ir aptarti 22-oje jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis: mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba“ (Vilnius, 2020 m. balandžio 24 d.). Taip pat darbo rezultatai pateikiami paruoštame straipsnio „Maisto produktų kartoninės pakuotės barjerinių savybių tyrimas“ makete.

1. KARTONŲ BARJERINĖMS SAVYBĖMS ĮTAKĄ DARANČIŲ VEIKSNIŲ APŽVALGA

1.1. Temos aktualumas

Plastikas – tai sintetinė arba pusiau sintetinė polimerinė medžiaga. Dėl savo funkcionalumo, atsparumo pažeidimams bei gana mažos gamybos kainos, jis vis labiau plinta kasdieniame gyvenime. Pagal 2018 metų duomenis, per metus pasaulyje yra pagaminama daugiau nei 400 milijonų tonų plastiko (Parker 2018). Plastiko pritaikymas yra įvairus: nuo drabužių, žaislų, įvairių pakuočių gamybos iki plastiko gaminių automobilių ir statybos pramonėse. Didžioji dalis visos plastiko produkcijos tenka produktų pakuotėms gaminti (apie 36 % viso pagaminamo plastiko) (1 pav.)



1 pav. Plastiko produkcijos panaudojimo sferos

Plastikas atlieka labai didelį vaidmenį mūsų ekonomikoje ir daugelis neįsivaizduoja šių laikų be plastiko pakuočių. Tačiau maisto pakuočių pramonėje atsiranda vis daugiau trumpaamžių plastiko gaminių. Jie nėra pritaikyti daugkartiniam panaudojimui, todėl panaudojus juos vieną kartą pagal paskirtį, pakuotės yra išmetamos – dažniausiai šiukšlinant. Plastiko šiukšlės nusėda į aplinką ir tik nedidelė dalis jo gaminių yra surenkama perdirbimui (2 pav.). Priklausomai nuo plastiko sudėties, jis aplinkoje suyra per 200–500 metų. Nesurinktos plastiko atliekos nusėda gamtoje – miškuose, paplūdimiuose, vandenynuose – ir neigiamai veikia augmeniją ir gyvūniją.



2 pav. Plastiko perdirbimo rodiklis

Siekiant sumažinti plastikinių gaminių neigiamą poveikį aplinkai ir sveikatai, yra ieškoma būdų, kaip pagerinti šią padėtį. 2019 metais išleista Europos direktyva, kurios tikslas – sumažinti tam tikrų plastiko gaminių poveikį aplinkai. Joje siūloma palaipsniui didinti perdirbamo plastiko kiekius. Dėl galimų kenksmingų medžiagų išsiskyrimo po plastiko perdirbimo, tik nedidelę jo dalį būtų galima panaudoti maisto produktų pakuotėms gaminti. Tačiau tokiu būdu sumažinamas netinkamai išmetamų plastiko atliekų aplinkoje kiekis ir perdirbtas plastikas būtų panaudojamas kitose pramonės sferose.

Direktyvoje (ES) 2019/904 taip pat siūloma apriboti vienkartinį plastiko gaminių naudojimą. Apribojimai turėtų būti atliekami proporcingai, siekiant ugdyti naujus visuomenės įpročius bei lengvesnį verslo sričių prisitaikymą prie pokyčių. Todėl valstybės narės turėtų skatinti naudoti gaminius, kuriuos galima naudoti daug kartų ir kuriuos panaudojus būtų galima tinkamai apdoroti ir paruošti pakartotiniam naudojimui (Europos Parlamentas, Europos Taryba 2019).

Taip pat siūloma ieškoti tinkamesnių, tvaresnių ir lengvai prieinamų alternatyvų, kurios galėtų pakeisti trumpalaikio naudojimo plastiko gaminius. Remiantis šiuo aspektu, alternatyva plastiko pakuotėms galėtų būti kartoninės maisto produktų pakuotės.

Kartonas yra viena iš labiausiai patvarių medžiagų, naudojamų pakuočių gamyboje. Per metus popieriaus ir kartono yra pagaminama apie 419 tonų, remiantis 2017 metų duomenimis. Kartono ir plastiko gamybos kiekiai yra labai panašūs. Tačiau daugiau nei pusė popieriaus ir kartono produkcijos sudaro gaminių pakuotės, kai tuo tarpu plastiko pakuotės sudaro 36 % visos produkcijos (Garside 2019). Taigi, kartonas yra viena iš pagrindinių žaliavų maisto pakuočių gamyboje.

Popierius ir kartonas yra laikomi atsinaujinančiais ištekliais. Todėl perdirbimas yra labai svarbus šioje pramonėje. Lyginant su kitomis medžiagomis, kartonas turi vieną didžiausių perdirbimo rodiklių. Taip pat perdirbinėjant popierių galima sutaupyti medžiagas, naudojamas popieriaus gamyboje – naftą, vandenį ir medžius. Pavyzdžiui, perdirbant 1 toną popieriaus galima sutaupyti apie 682 galonus naftos, 26,5 tūkst. litrų vandens ir išsaugoti 17 medžių. Dėl to, kartonas išliks kaip viena pagrindinių žaliavų maisto pakuočių gamyboje.

1.1.1. Temos problematika

Maisto pramonė – viena didžiausių pramonės sferų, kuriose yra naudojamos įvairios pakuotės. Pasirinkus tinkamą maisto pakuotę, galima apsaugoti produktą nuo išorinių veiksnių, užtikrinti jo saugumą gabenant bei išsaugoti jo kokybę. Tačiau šiais laikais, esant didelei gaminių įvairovei, pakuotė atlieka ir reklaminį vaidmenį. Pakuotė tampa kaip viena iš rinkodaros komunikacijos priemonių ir gali nulemti žmonių pasirinkimą, renkantis produktą.

Margarita Išoraitė (2014) atliko tyrimą, kurio tikslas – įvertinti pakuotės daromą įtaką žmonių apsisprendimui. Tyrime teigiama, kad dėl spartėjančio gyvenimo ritmo žmonės produktus renka spontaniškiau. Todėl pakuotė, kuri atkreipia vartotojo dėmesį pirkimo metu, gali padėti apsispręsti dėl perkamo produkto. Tam gali turėti įtakos pakuotės spalva, dydis ir forma, grafiniai sprendimai, informacinių elementų išdėstymas ir aiškumas (Išoraitė 2014).

Siekiant patikrinti, ar pakuotė tikrai daro įtaką vartotojo apsisprendimui, buvo atlikta apklausa. Apklausoje dalyvavo 132 įvairaus amžiaus grupių respondentai. Buvo tiriama varškės sūrelio pakuotės „Magija“ įtaka žmonių apsisprendimui pirkti. Apklausos rezultatai parodė:

- Pirkėjai vertina pakuotės dydį. Remiantis juo, nusakomas paties produkto kiekis. O pakuotei neatitikus realaus produkto kiekio, pirkėjas gali daugiau nebepirkti produkto ir nesiūlyti to daryti artimiesiems ir draugams.
- Tinkamai parinkta pakuotės spalva gali išskirti produktą iš kitų tokio pat tipo gaminių. Dėl spalvų sukeltų asociacijų, pavyzdžiui, natūralumas, pigumas, išskirtinumas, prabanga ir kita, produktas gali tapti patrauklesnis pirkėjui.
- Pirkėjams, ieškantiems kokybiškos prekės, yra svarbūs informaciniai elementai, jų kiekis ir aiškumas. Tai toks pakuotės elementas, kuris turi įtakos prieš ir po pirkiminiuose etapuose.
- Dauguma respondentų sutinka su nuomone, kad pakuotė gaminiui sukuria pridėtinę vertę ir gali būti kaip pačio produkto aukštos kokybės indikatorius.

Taigi, ne tik produktas ar jo žinomumas turi įtakos vartotojams renkantis gaminius. Pakuotės užima nemažą dalį prekės pasirinkimo ir vartojimo procese. Jos turi sudaryti sąlygas ne tik patogiam produkto naudojimui ar laikymui, bet ir sudaryti teigiamą įspūdį apie produktą.

Tačiau pakuotė per visą savo gyvavimo laiką turi apsaugoti prekę nuo sužalojimų bei išlaikyti prekinę išvaizdą. Tam, kad prekės pakuotė atliktų savo apsaugos funkciją reikia atsižvelgti į daugybę sąlygų. Kartonų kokybei bei pakuotės išvaizdai įtakos gali turėti tiek išoriniai, tiek vidiniai veiksniai (3 pav.).



3 pav. Veiksniai, turintys įtakos kartonų barjerinėms savybėms

Išoriniai veiksniai yra susiję su aplinka, kurioje yra laikomos pakuotės. Aplinkos temperatūros ir drėgmės lygio kitimas, pakuotę transportuojant ar sandėliuojant, gali susilpninti kartonų barjerines savybes. Taip pat svarbu atkreipti dėmesį, kokiam produktui laikyti yra skirta pakuotė. Dėl netinkamai parinkto produkto pakuotės atsparumas riebalams ar drėgmei gali būti pažeistas. Dėl to ant pakuotės susiformuoja dėmės ar deformuojasi jos forma.

Vidiniai veiksniai būtų – kartono sudėtis, jo storis ir gramatūra. Skirtingos ypatybės turi geresnes ar blogesnes barjerines savybes, kurias galima pritaikyti skirtingoms gaminių grupėms.

Tad tinkamos medžiagos pakuočių gamybai parinkimas yra atsakingas momentas kalbant apie maisto pramonę ir todėl yra reikalingi kartono savybių tyrimai siekiant efektyvesnio pakuočių panaudojimo.

1.1.2. Temos ištirtumo laipsnis

Kartonas – populiari žaliava pakuočių gamyboje. Priklausomai nuo pasirinkto produkto, svarbu, kad riebesnio ar drėgnesnio gaminio medžiagos neprasisiskverbtų pro įpakavimą. Tai padarytų gaminio įpakavimą nepatrauklų pirkėjui bei galėtų sugadinti šalia esančias kitas pakuotes.

Popierius ir kartonas yra viena iš tvariausių medžiagų, naudojamų pakuočių pramonėje. Tačiau siekiant atitikti pakuotėms keliamus reikalavimus, kartonai yra dengiami specialiomis, kaip pavyzdžiui plastiko, nano junginių ar organinėmis, dangomis ar laminuojami. Siekiant efektyviausiai pagerinti kartonų barjerines savybes yra atliekami įvairūs tyrimai su specialiomis dangomis.

Atliktų tyrimų pavyzdžiai:

- Kanados Kvebeko universitete „Trois-Rivières“ (2018) atlikto tyrimo metu buvo ruošiama nanoceliuliozės ir polipirolio (polipirolas – tai organinio polimero tipas, susidarantis polimerizuojant pirolį) organinė danga. Kartono padengto šia danga pagerintos mechaninės kartono savybės.

Dėl nanoceliuliozės ir polipirolio dalelių sudaromo tankaus tinklo pagerėja paviršiaus hidrofobiškumo savybės. Vandens lašo kontakto kampas su paviršiumi pakinta nežymiai. Tačiau nedengtas kartonas vandenį absorbavo per 14 sekundžių, o dengto kartono paviršius lėčiau absorbuoja vandenį ir po 90 sekundžių kontakto kampas sumažėjo 13°.

Taip pat, dėl susidariusio tankaus paviršiaus tinklo sumažėja dujų pralaidumas. Atliktas bandomasis testas, kurio metu pomidorai buvo laikomi dengto ir nedengto kartono dėžėse 10 dienų. Pastebėta, kad nedengto kartono dėžėje pomidorai pradėjo minkštėti ir raukšlėti, o dengto kartono dėžėje – išlaikė savo prekinę išvaizdą bei tvirtą tekstūrą. Į dengto kartono pakuotę patenka mažiau įvairių mikroorganizmų ir deguonies, todėl produktai gali ilgiau išlikti šviežesni (Bideau, Loranger, Daneault 2018).

Tokio tipo danga pagerina kartono savybes ir gali būti naudojama maisto pakuotėms gaminti. Taip pat atliekami tolesni tyrimai dėl šios dangos perdirbamumo bei išsamesni tyrimai dėl galimo sąlyčio su maistu.

- Prancūzijoje (2013) mokslininkų grupės atlikto tyrimo metu yra analizuojamos mechaninės ir barjerinės kartono savybės, paviršių dengiant MFC danga. Tyrime naudotas 300 g/m² gramatūros „Rochcoat“ kartonas. Kartonas pagamintas iš natūralios plaušienos, viršutinis sluoksnis padengtas, o apatinis – nėra dengtas, todėl šioje pusėje ir bus formuojama naujoji danga.

Kartonas buvo dengiamas vieno, penkių ir dešimties sluoksnių MFC danga. Analizuotos barjerinės savybės, tokios kaip, oro palaidumas, vandens įsigeriamumas bei atsparumas riebalams. Gauti duomenys palyginti su tos pačios rūšies kartonu, padengtu danga iš plastiko.

Tyrimas parodė, kad didelio teigiamo poveikio ši danga barjerinėms kartono savybėms nepadarė. Kartoną, padengus vieno sluoksniu MFC danga, vandens įsisavinimas padidėjo 31 %. MFC danga bei pats dengimo procesas neturėjo įtakos oro pralaidumui. Tam įtakos galėjo turėti nepakankamas dangos svoris lyginant su bendra medžiagos mase ir struktūra.

O kalbant apie atsparumą riebalams, atsparumas riebalams yra vertinamas reikšmėmis nuo 1–12, kai 1 reikšmė reiškia mažiausias atsparumas aliejui ir riebalams, o 12 – puikus atsparumas riebių medžiagų prasiskverbimui. MFC danga dengtas kartonas įvertintas 2,5 balo. Pasiiektas geresnis rezultatas nei paprasto kartono, kurio vertė yra 0, tačiau nepakankama kalbant apie maistui skirtas pakuotes.

Kol kas ši danga nėra tinkama maisto produktų pakuotėms gaminti, dėl minimalių barjerinių savybių pokyčio (Lavoine, Bras, Desloges 2013).

Patentai:

- 2018 metais JAV užregistruotas specialiosios kartono dangos patentas. Tai dvisluoksnė vandens pagrindo danga, kurioje nenaudojami fluoro chemikalai ir vaškas.

Buvo testuojamos dangos mechaninės savybės, atsparumas riebalams. Barjerinės savybės tiriamos 24 valandoms ant bandinių paliekant žemės riešutų aliejų. Tyrimui pasibaigus pastebėta, kad nei vienas specialiaja danga dengtas bandinys nebuvo pažeistas. Tokios dangos atsparumo lygis įvertintas tarp 5–7, kai 1 reikšmė reiškia mažiausias atsparumas aliejui ir riebalams, o 12 – puikus atsparumas riebių medžiagų prasiskverbimui (WestRock MWV 2018). Taigi, su tokia danga pagerinamos barjerinės bei mechaninės savybės ir gamybai naudojamos mažiau kenksmingos medžiagos.

- Daugelis, rinkdamiesi kartono tipą pakuotėms gaminti, siekia kuo natūralesnės išvaizdos ir dėl to renkasi rudos spalvos nebalintą kartoną. Tačiau dažnai, norint pagerinti barjerines savybes bei pagerinti spausdinimo ypatybes, tokie kartonai yra padengiami baltai pigmentuotomis dangomis.

Siekiant pagerinti tokio kartono savybes ir išsaugoti jo natūralią rudą spalvą, 2019 metais JAV užpatentuota specialioji danga. Ši danga išlaiko kartono natūralią spalvą, pagerina savybes bei yra pagaminta iš mažiau kenksmingų medžiagų. Tai danga, pagaminta

vandens pagrindu be fluoro chemikalų ir vaško. Šios dangos atsparumo riebalams lygis įvertinamas 4,8 ir daugiau, kai 1 reikšmė reiškia mažiausias atsparumas aliejui ir riebalams, o 12 – puikus atsparumas riebių medžiagų prasiskverbimui (WestRock MWV 2019).

Tačiau, dengiant kartonus specialiomis dangomis, didėja pakuotės kaina. Todėl danga turėtų atitikti reikalavimus bei pagerinti kartonų savybes, kurios turės įtakos pakuotės kokybei ir išvaizdai. Taip pat priklausomai nuo pasirinktos dangos tipo gali iškilti problemų kartonų antriniam panaudojimui. Tai reiškia, kad kartonai nebegali būti perdirbami arba reikia papildomo tokių kartonų apdirbimo siekiant pašalinti dangos sluoksnį.

Nors kartonas yra viena iš labiausiai perdirbamų medžiagų, tačiau susiduriama su problema, kai pakuotės yra sugadintos. Pakuotės susitėpusios, ant jų likę riebalų ar kitų skysčių dėmių. Tokios pakuotės gali būti nebetinkamos perdirbimui ar antriniam panaudojimui. Todėl yra ieškoma būdų, kaip galima išspręsti šią problemą.

Vienas iš tokių pavyzdžių būtų, 2019 metais Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ pristatytas darbas tema „Riebalų atskyrimo nuo popieriaus eksperimentiniai tyrimai“. Tyrimo tikslas išsiaiškinti, ar įmanoma pašalinti riebalus nuo popieriaus pakuočių atliekų, naudojant vandenį skirtingomis temperatūromis ir taikant termodinaminius metodus (Pačekajūtė, Bazienė 2019).

Tiriamosios medžiagos buvo spausdinimo popierius bei gofruotas kartonas, o bandiniai sugadinami pasitelkiant augalinės ir gyvulinės kilmės riebalus. Bandiniai buvo nardinami į verdantį vandenį ir kaitinami skirtingą laiką – 5 minutes, 10 minučių ir 15 minučių.

Tyrimas parodė, kad ilgiau kaitinami kartono bandiniai geba pašalinti daugiau riebalų. Labiausiai pavyko pašalinti gyvulinės kilmės riebalus – apie 83 %. Tačiau kitokia tendencija pastebima kaitinant spausdinimo popierių. Ilgėjant kaitinimo laikui riebalų atsiskyrimas mažėja. Tai gali pagerinti kartonų perdirbimo rodiklius ir turėti įtakos ekologiškesnių žaliavų pasirinkimui.

Taigi, pasirinkus tinkamą maisto pakuotę, galima apsaugoti produktą nuo išorinių veiksnių, užtikrinti jo saugumą gabenant bei išsaugoti jo kokybę. Tad tinkamos medžiagos pakuočių gamybai parinkimas yra atsakingas momentas kalbant apie maisto pramonę.

1.2. Popieriaus gamybos procesas

Prieš pradedant analizuoti skirtingų tipų kartonus, svarbu susipažinti su pačio popieriaus bei kartono gamyba. Taikomas gamybos būdas gali turėti įtakos skirtingoms gaminio savybėms, kurios labiau bus pabrėžiamos kalbant atskirai apie kiekvieną iš kartono tipų.

Popierius ir kartonas – tai plonalakštė arba juostinio pavidalo medžiaga, kuri susideda iš susipynusių celiuliozės plaušelių tinklo. Šių medžiagų išvaizda, stiprumas ir daugelis kitų savybių priklauso nuo kokio tipo ir kiek plaušelių yra naudojama bei kaip tie plaušeliai buvo apdirbti prieš popieriaus ir kartono gamybą.

Vieno iš popieriaus bei kartono sudedamųjų dalių – celiuliozės plaušelių masės – išgavimo procesas prasideda nuo medienos apdirbimo. Medžio žievėje nėra aptinkama celiuliozės plaušelių, todėl pirmiausia mediena yra nužievinama trinties būdu – rąstus kartu sukanant cilindriname būgne. Nužievinti rąstai keliauja į smulkintuvą, kur yra susmulkinami į mažus gabalėlius, kurie naudojami plaušienos gamyboje.

1.2.1. Plaušienos gamyba

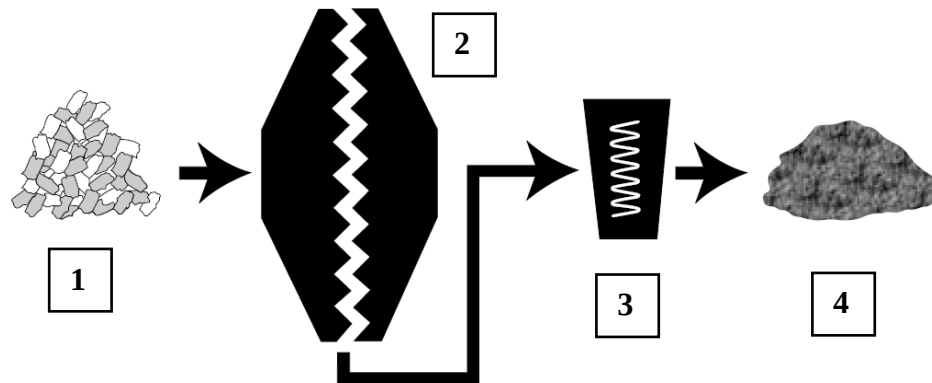
Paruošus nužievintą medieną, pereinama prie sekančio etapo – plaušienos gamybos. Plaušienos gamybos tikslas atskirti celiuliozės pluoštus nuo cheminių medžiagų ir kitų nepluoštinių medžiagų, tokių kaip ligninas. Ligninas – tai sudėtinis organinis junginys, „cementuojantis“ celiuliozės pluoštelius, sudarančius ląstelės sienelės (Mokslinė redakcinė taryba 2010). Kartone esantys lignino likučiai gali lemti mažą popieriaus patvarumą bei laikui bėgant popierius gali pradėti geltonuoti.

Yra išskiriami du pagrindiniai būdai, kuriais yra išgaunama celiuliozės plaušelių masė. Dėl skirtingų gamybos variantų, plaušiena įgyja tam tikras savybes, kurios gali turėti įtakos bendroms kartono savybėms. Atsižvelgiant į kartono galutinio panaudojimo sritį, kartonų gamintojai turi daugiau galimybių suformuojant daugiasluoksnią kartono struktūrą. Pagrindiniai plaušienos gamybos būdai yra: mechaninis ir cheminis metodai.

1. Mechaninis būdas

Po nužievimo rąstai susmulkinami į mažus, plokščius gabaliukus – medžio drožles, kurios vėliau yra įspaudžiamos tarp dviejų metalinių besisukančių diskų. Dėl susiformavusių vandens garų ir karščio, minkštėja ligninas – kas suteiks galimybę atskirti celiuliozės plaušelius. Išgauta plaušelių masė yra perskirstoma ir išvaloma. Apytikslis išgaunamos plaušienos kiekis yra apie 95 %.

Mechaniniu apdirbimo būdu dažniausiai yra apdirbama eglės mediena ir atskirta masė išlaiko medienos spalvą, kurią galima pašviesinti lengvo cheminio apdorojimo būdu.



4 pav. Mechaninio apdirbimo schema: 1 – medžio drožlės, 2 – apdirbimas tarp besisukančių diskų, veikiant karščiui ir garams, 3 – plaušelių masės valymas, 4 – celiuliozės plaušelių masė

Mechaniniu būdu išgaunamos plaušienos privalumai:

- Didelis išgaunamos plaušienos kiekis (95 %).
- Maža gamybos kaina.
- Popierius, pagamintas iš mechaninės plaušienos, įgauna keletą spausdinimui naudingų savybių – aukštas dažų sugeriamumo lygis, nepermatomumas.

Trūkumai:

- Tačiau tokiu būdu išgaunama plaušiena yra smarkiai pažeidžiama.
- Mechaniniu būdu pagamintoje plaušienoje galima aptikti visokių priemaišų – drožlių ar nepilnai apdorotų plaušo gumulėlių.
- Popierius, pagamintas naudojant mechaninę plaušieną, nėra labai tvirtas.
- Laikui bėgant popierius gali pradėti gelsvėti, dėl išlikusio ganėtinai aukšto lignino kiekio (Tarptautinė įmonė „Sappi“ 2012).

2. Cheminis būdas

Tai būdas, kurio metu chemikalų pagalba yra ištirpinami medienoje esantys ne celiulioziniai komponentai. Pirmiausia mediena paverčiama medžio drožlėmis (kaip ir mechaniniame apdirbimo būde). Tada drožlės yra kaitinamos cheminiuose tirpaluose, siekiant ištirpinti didžiąją dalį lignino, kas palengvintų plaušelių atsiskyrimą. Nors cheminiu būdu išgaunama tik apie 50 % plaušienos, tačiau tokia plaušiena yra švari ir nepažeista.

Yra išskiriamos dvi pagrindinės priemonės naudojamos cheminiam apdorojimui – sulfitai ir sulfatai.

- **Sulfitų procesas**

Šio proceso metu medienos drožlės apdorojamos sieros rūgštyje kartu su kalkakmeniu, kurio metu susiformuoja kalcio bisulfitas. Susidaręs sieros rūgšties ir kalcio bisulfito derinys tirpina medienoje esantį ligniną, taip išlaisvindamas celiuliozės pluošteliu. Šiuo būdu pagaminta plaušiena yra minkšta, lanksti ir išlaiko šviesiai rudą spalvą. Taip pat dažnu atveju sulfitų proceso metu gauta plaušiena naudojama kartu su mechanine plaušiena.

- **Sulfatų procesas**

Tai vienas labiausiai naudojamų plaušienos gamybos būdų. Mediena yra apdorojama pasitelkiant šarminius tirpalus. Šiuo būdu galima apdirbti daug sakų turinčius medžius, plaušiena būna tvirtesnė ir tamsesnės rudos spalvos nei išgaunant ją sulfitų proceso metu.

Šis apdirbimo būdas gali būti taikomas visų rūšių medienai. Cheminiu būdu išgautas pluoštas būna rudos spalvos, kurią galima išbalinti pašalinant likučius neceliuliozinių medžiagų.

Cheminiu būdu pagamintos plaušienos privalumai:

- Popierius ar kartonas, pagamintas iš šios plaušienos yra stipresnis.
- Lengvesnis plaušienos balinimas.
- Naudojant cheminę plaušieną galima suformuoti lygesnį paviršių.
- Laikui bėgant popieriaus/kartono spalva išlaikoma ta pati, jis nepradedą gelsti.

Trūkumai:

- Mažesnis standumas nei lyginant su mechanine plaušiena.
- Popierius pagamintas tik iš cheminės plaušienos gali būti labiau permatomas.
- Ganėtinai mažas išgaunamos plaušienos kiekis (gali būti 50 % ir mažiau) (Tarptautinė įmonė „Sappi“ 2012).

3. Mišrūs būdai

Norint pagerinti mechaniniu būdu gaminamos plaušienos kokybę, jos kainą ir išlaikyti panašius našumo rodiklius yra diegiamos įvairios technologinės naujovės. Todėl atsirado mišrių gamybos būdų, tokių kaip termomechaninis ir chemi-termomechaninis būdai.

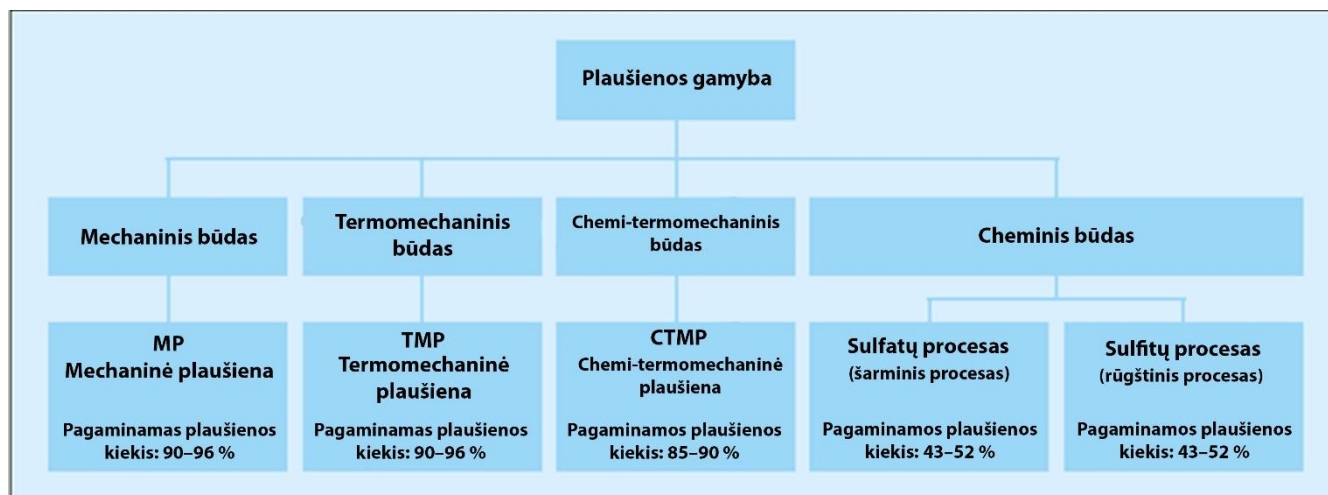
- **Termomechaninis būdas**

Kaip ir gaminant plaušieną mechaniniu būdu, medžio drožlės yra suspaudžiamos tarp dviejų besisukančių diskų. Tačiau šio proceso metu yra naudojama aukštesnė temperatūra ir didesnis slėgis. Esant aukštesnei temperatūrai ir slėgiui, medienoje esantis ligninas labiau suminkštėja ir plaušeliai lengviau atskiriami. Dėl padidintų šilumos ir slėgio rodiklių, gaunami geresni rezultatai nei gaunant tik dėl trinties susidariusios šilumos metu.

- **Chemi-termomechaninis būdas**

Šis gamybos būdas panašus į termomechaninį būdą – esant aukštai temperatūrai ir slėgiui medžio drožlės trinamos tarp dviejų besisukančių diskų. Tačiau prieš suspaudžiant medžio drožles tarp besisukančių diskų, jos yra chemiškai apdorojamos. Pagamintai plaušienai tai suteikia šviesumo ir joje aptinkama mažiau pašalinių medžiagų – drožlių likučių ar nepilnai apdorotų pluošto gumulų.

Dėl šių pagerintų mechaninio apdirbimo būdų yra išlaikomas pagaminamos plaušienos kiekis, tai yra apie 85–96 %. Taip pat kartono gamybai panaudojant, šiais gamybos būdais gamintą, plaušieną, galima gauti geresnės kokybės kartoną.



5 pav. Plaušienos gamybos būdai

1.2.2. Plaušienos balinimas

Pagaminta plaušiena būna rudos arba rusvos spalvos. Tokia plaušiena naudojama popierinių maišelių gamybai ar kai kurioms kartono rūšims. Tačiau daugeliu atveju popieriams ir kartonams reikalingas paviršiaus šviesumas ir baltumas. Todėl pagaminta plaušiena yra balinama.

Šiame etape naudojami įvairūs chemikalai. Balinimas yra sudėtingas procesas, kuris atliekamas keliais etapais su skirtingomis cheminėmis medžiagomis. Šis procesas yra integruotas plaušienos gamyklose kaip vienas iš plaušienos gamybos etapų.

Balinimo metu pašalinami lignino likučiai bei kitos nereikalingos priemaišos. Tačiau dėl chemikalų poveikio ligninui ir hemiceliuliozei, sumažėja bendras plaušienos kiekis. Tai gali turėti neigiamos įtakos mechaniniu būdu išgaunamai plaušienai. Mechaninio plaušienos išgavimo būdo pranašumas yra didelis išgaunamos plaušienos kiekis, todėl per ilgas balinimas gerokai paveiktų šio proceso privalumą (Tarptautinė įmonė „Sappi“. 2018).



6 pav. Plaušiena skirtingais balinimo etapais

1.2.3. Popieriaus gamyba iš plaušienos

Pagaminus pagrindinę popieriaus ir kartono sudedamąją dalį – plaušieną – pereinama prie pačių medžiagų gamybos. Tačiau ne visos popieriaus gamyklos pačios gaminasi plaušieną. Dažnu atveju plaušiena yra atgabenama blokais, kurių sausumas gali siekti 90 %. Todėl yra reikalingi papildomi procesai plaušieną paruošti tolesnei gamybai.

Plaušienos paruošimas

Atgabenta išdžiovinta plaušiena pirmiausia turi būti atskiriama ir tai yra atliekama ją tirpinant vandenyje. Toliau visa plaušiena, įskaitant ir tą, kuri atkeliauja tiesiai iš gamyklos nedžiovinta, yra apdorojama įvairiais būdais prieš patenkant į popieriaus ar kartono gamybos mašinas.

Vienas iš pagrindinių plaušienos paruošimo veiksmų yra rafinavimas. Nuo šio proceso gali priklausyti galutinio produkto – popieriaus ar kartono – optinės, struktūrinės ir cheminės savybės. Yra dviejų tipų rafinavimas

1 būdas – procesas atliekamas ovaliame rezervuare, kuriame yra įmontuoti stacionarūs ir besisukantys metaliniai strypai. Proceso esmė yra: vandenyje ištirpintą plaušieną besisukantys strypai spaudžia tarp stacionariųjų strypų. Veiksmas yra kartojamas, kol gaunamas norimas rezultatas.

2 būdas – rafinavimas atliekamas naudojant besisukančius dantytus arba kitaip kontūruotus diskus. Vandenyje ištirpinta plaušiena patenka per diskų centre esančią ertmę ir dėl išcentrinės jėgos pasiskirsto po visą diskų plotą, kur yra suspaudžiama tarp jų. Proceso metu abu diskai gali sukstis, tačiau skirtingomis kryptimis – prieš laikrodžio rodyklę ir pagal laikrodžio rodyklę – arba sukstis vienas iš jų, o kitas – likti stacionarus.

Rafinavimo metu plaušiena yra įvairiais būdais suardoma – ją trinant, smulkinant, minkštinant ir plokštinant. Tada plaušai sutrumpėja ir suminkštėja, o padidintas plaušo paviršiaus plotas palengvina medžiagų surišimą tolesniuose popieriaus ir kartono gamybos etapuose.

Prieš plaušienai patenkant į popieriaus formavimo mašinas, susidariusi masė yra papildoma įvairiais užpildais. Užpildais yra siekiama pagerinti popieriaus savybes, pavyzdžiui, permatomumą, ryškumą, spausdinimo savybes, spalvą ar tekstūrą. Plaušienos masėje įvairūs užpildai ir priedai gali sudaryti apie 30 % (Tarptautinė įmonė „Sappi“ 2018).

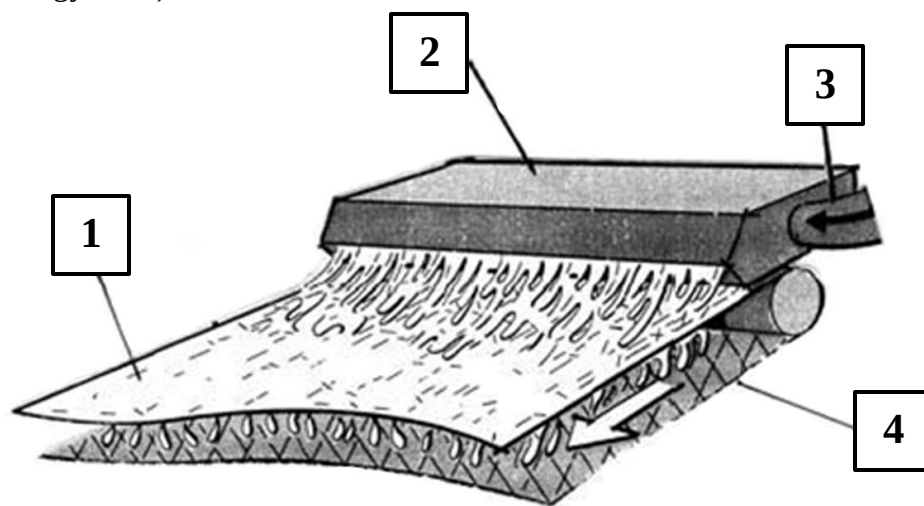
1 lentelė. Plaušienos masę papildančios medžiagos

Užpildai	Rišikliai	Kiti priedai
• kalcio karbonatas; • molis; • titano dioksidas; • talkas; • gipsas.	• latekso gaminiai; • krakmolo gaminiai.	• dažai; • antibakterinės medžiagos; • pH stabilizatoriai; • kitos medžiagos.

Popieriaus juostų formavimas

Paruošta plaušienos masė keliauja į popieriaus juostų formavimo sekciją. Didžiąją dalį šios masės turi sudaryti vanduo, net 98 %, o plaušiena 2 % bendros masės. Prieš patekdama ant metalinio formavimo tinklo masė turi išlikti be pašalinių detalių, tokių kaip: metalo gabaliukai, įvairūs nešvarumai, plastiko detalės ir kitą. Taip pat plaušienos masę reikia apsaugoti nuo gumulų susidarymo. Popierius, savo sudėtyje turintis prieš laiką susiformavusius plaušienos gumulus, yra laikomas prastos kokybės.

Supaprastintas popieriaus juostų formavimo principas pavaizduotas 7 paveiksle. Plaušienos masė patenka į paskirstymo dėžę, iš kurios vienodu greičiu, tolygiai paskirstytu storiu ir konsistencija patenka ant metalinio formavimo tinklo. Plaušienai judant tinklo paviršiumi, vanduo varva per tinkle esančias ertmes, o plaušai susipina tarpusavyje suformuodami vientisą juostą. Priklausomai nuo gaminamo popieriaus ir kartono storio ir gramatūros gali prireikti kelių sluoksnių plaušienos masės. Kiti sluoksniai turi būti formuojami su didelę vandens koncentraciją turinčia plaušienos mase ir priklausomai nuo popieriaus ir kartono savybių parenkama to paties ar skirtingų gamybos būdų plaušienos masė (Food packaging technology 2003).



7 pav. Supaprastinta popieriaus juostų formavimo schema:
1 – suformuotas lakštas, 2 – paskirstymo dėžė, 3 – plaušienos masė,
4 – metalinis formavimo tinklas

Tačiau šiame gamybos etape yra susiduriama su keliomis problemomis. Kartu su vandeniu besiskverbiančiu pro tinkle esančias ertmes gali patekti plaušienos masės dalelių. Tokiu būdu susiformuoja skirtingų tekstūrų viršutinis ir apatinis juostos paviršiai. Yra diegiamos įvairios naujos, kurios sumažintų paviršių išvaizdos ir tekstūros skirtumus.

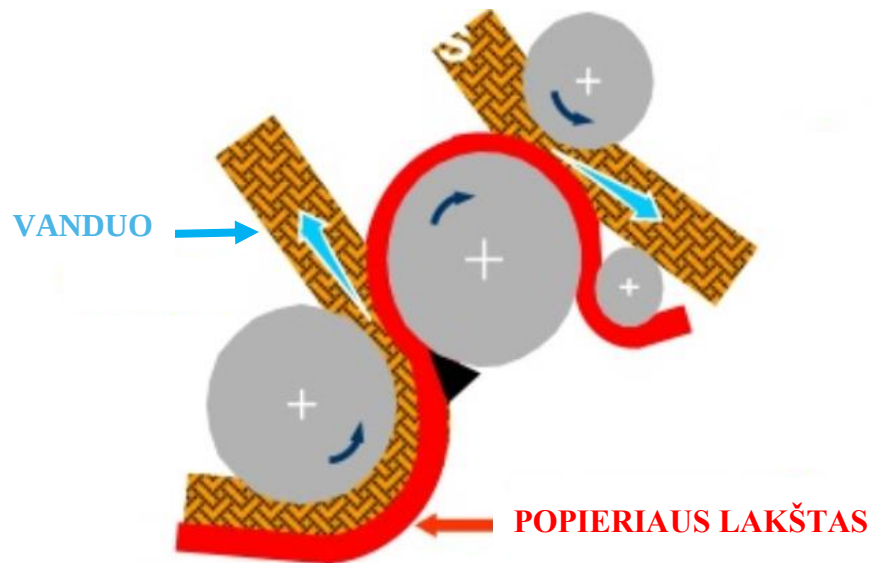
Kita problema yra susijusi su plaušelių išsidėstymu popieriuje ar kartone. Plaušai dėl savo išvaizdos – plaušai yra ilgi ir ploni – yra linkę išsidėstyti lakšto judėjimo kryptimi. Tačiau norint kokybiškesnio gaminio, plaušeliai jame turėtų būti orientuoti skirtingomis kryptimis. To bandoma pasiekti paskirstymo dėžėje sukuriant chaotinį masės judėjimą prieš patenkant ant formavimo tinklo.

Presavimas

Suformuotos popieriaus ar kartono juostos keliauja į kitą sekciją – presavimą. Suformuota popieriaus juosta tam tikru nustatytu slėgiu yra spaudžiama tarp keletos plieninių ritinių. Išspausťas

perteklinis vanduo yra sugeriamas specialiomis anklodėmis ir pašalinamas. Siekiant didesnio vandens kiekio pašalinimo gali būti naudojamas vakuumas kartu su sugeriamomis anklodėmis.

Šio proceso tikslas yra pašalinti perteklinę drėgmę – vandenį. Į presavimo sekciją atkeliavusią popieriaus juostą sudaro apie 80–85 % vandens, o po presavimo vandens kiekis gali siekti 50–65 %. Taip pat yra išlyginamas popieriaus juostos paviršius ir labiau suspaudžia pluoštus tarpusavyje, kas turi įtakos geresniam pluoštų sukibimui ir bendram lapo stiprumui.



8 pav. Supaprastinta lakšto presavimo schema

Džiovinimas

Presavimo metu nėra panaikinama didžioji dalis vandens, todėl suformuota juosta turi būti išdžiovinama. Į džiovinimo sekciją popieriaus juosta atkeliauja, turinti 50–65 % vandens. Priklausomai nuo to kam pagamintas popierius ir kartonas bus naudojami, vandens kiekis gaminyje gali siekti 2–8 %.

Džiovinimas yra atliekamas išgarinant perteklinį vandenį. Suformuota juosta keliauja pro įkaitintus metalo cilindrų. Siekiant užtikrinti tolygų popieriaus juostos džiovinimą, džiovinimo eigoje viena ir kita pusė kontaktuoja su įkaitintais cilindrais. Taip pat suformuota popieriaus juosta turi būti įtempta, kad būtų išvengta išsikraipymų bei juostos susitraukimo.

Visas džiovinimo procesas vyksta tarsi keliais etapais:

1 etapas – nuo įkaitinto cilindro sklinda šiluma, kuri šildo popieriaus juostos paviršių, tačiau vanduo dar negaruoja.

2 etapas – pakankamai įkaitęs lakštas pradeda į aplinką išskirti vandenį – prasideda garavimas.

3 etapas – paviršinis lakšto sluoksnis išdžiovinamas, o besiskverbianti šiluma garina viduriniuose sluoksniuose susikaupusią drėgmę.

Išdžiovinta popieriaus juosta gali keliauti į baigiamąsias gamybos operacijas. Jei pagal reikalavimus popierius turi dangą, tuomet kita atliekama operacija yra paviršiaus dengimas, o jei nėra reikalinga danga – popieriui gali būti atliekamas kalandravimas arba ritinio supjaustymas ir paruošimas išvežimui.

1.2.4. Paviršiaus dengimas

Atsižvelgiant į popieriaus ar kartono panaudojimą, šių produktų paviršius turi būti padengiamas. Paviršiaus padengimas – tai viena iš baigiamųjų operacijų, kurios metu ant vienos arba abiejų lakšto pusių yra suformuojama danga. Dažnu atveju popieriaus paviršius yra dengiamas vienasluoksne, dvisluoksne ar trisluoksne danga. Ir nuo dangos tipo priklauso koku būdu ji bus dengiama, kaip pavyzdžiui plėvelės pavidalo danga, ašmenimis suformuojama danga (angl. *blade coating*).

Paprastai paviršiaus dangą sudaro įvairūs pigmentai ir rišikliai. Naudojami pigmentai yra miltelių pavidalo medžiagos, tokios kaip: talkas, rafinuotas molis, kreida ar titano dioksidas. O rišikliai tarpusavyje sujungia miltelių pavidalo pigmentus bei pačius pigmentus su lapo paviršiumi. Surišamosios medžiagos gali būti natūralios sudėties, pavyzdžiui, krakmolos arba sintetinės medžiagos. Tačiau natūralios sudėties medžiagos nėra labai atsparios vandeniui, todėl dažniausiai yra naudojamos kartu su sintetinėmis medžiagomis arba vietoj natūraliųjų medžiagų yra naudojamos sintetinės medžiagos. Taip pat, naudojant sintetinius rišiklius, popierius tampa atsparesnis įtrūkimams lankstant popierių, nei naudojant natūralios sudėties medžiagas.



9 pav. Atspaudo pavyzdžiai, spausdinant ant skirtingai dengtų kartonų: 1 – nedengtas kartonas, 2 – plono sluoksnio danga dengtas kartonas, 3 – storo sluoksnio danga dengtas kartonas

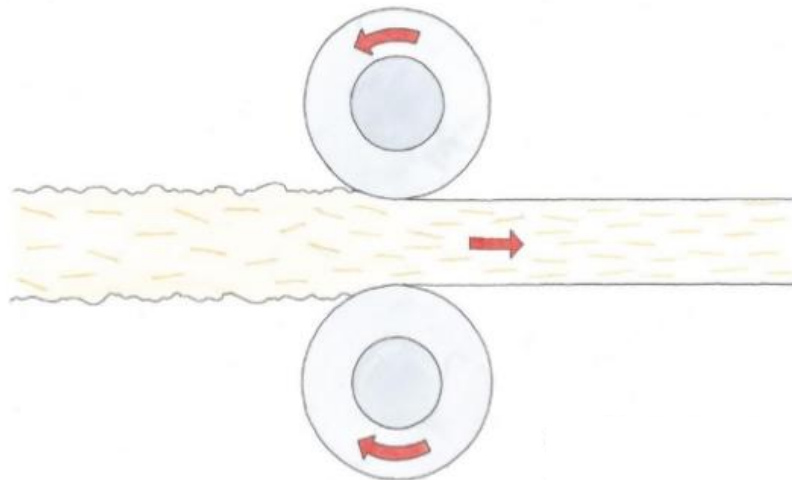
Popierius ir kartonas yra hidroskopinė medžiaga. Paviršiaus padengimas gali sumažinti skysčių įsiskverbimą į medžiagą. Pagerinamos ne tik hidroskopinės savybės, bet ir optinės ir paviršiaus savybės,

tokios kaip: baltumas, paviršiaus atspalvis, blizgesys ar glotnumas. Taip pat padengus lapo paviršių danga yra pagerinamos ir spausdinimo elementų ypatybės. Spausdinant ant dengto paviršiaus, ryškioms spalvoms išgauti užtenka mažesnio kiekio dažų, galima sukurti didesnio kontrastingumo atspaudus bei atspaudų kontūras yra aiškus be išsiliejimo požymių.

1.2.5. Baigiamieji popieriaus gamybos procesai

Jeigu gaminamam popieriui nėra reikalingas paviršiaus padengimas, tuomet išdžiovinta popieriaus juosta keliauja į vieną iš baigiamųjų procesų – kalandravimą. Kalandravimas – tai popieriaus apdirbimo procesas, kurio metu popieriaus lakštas keliauja tarp ritinių ir yra veikiamas slėgiu bei šiluma.

Kalandravimo procesas gali būti integruotas į popieriaus gaminimo mašiną arba vykdomas kaip atskiras procesas. Kaip atskiro proceso, nepriklausančio popieriaus gaminimo aparatui, pavyzdys yra superkalandravimas. Šio proceso įrenginį gali sudaryti iki 16 ritinių. Ritiniai būna skirtingų paviršių, vieni – kieto paviršiaus pagaminti iš plieno, o kiti – minkštesnio paviršiaus, gaminami iš elastingų medžiagų.



10 pav. Supaprastinta kalandravimo schema

Šio proceso metu yra pagerinamas popieriaus tankis, paviršiaus blizgumas bei glotnumas ir suvienodinamas paviršiaus storis. Tačiau pagerinant vienas savybes gali suprastėti kitos, tokios kaip, popieriaus šviesumas, poringumas, standumas ar dažų sugeriamumas. Todėl, atsižvelgus į popieriaus panaudojimą, atitinkamai yra parenkami kalandravimo parametrai arba atliekamas superkalandravimas.

Galutinis popieriaus gamybos etapas susideda iš pagaminto popieriaus ritinio supjaustymo į mažesnio skersmens ritinius ir jų pervyniojimo, popieriaus lapų suformavimo bei jų apipjaustymo.

- **Popieriaus ritinio supjaustymas ir ritinio pervyniojimas**

Tai procesas, kurio metu didysis popieriaus ritinys yra supjaustomas į mažesnio pločio ritinius. Supjaustyti ritiniai yra pervyniojami į reikiamo diametro ir pločio ritinius bei gali būti apvynioti aplink specialiai pagamintas šerdis. Taip pat šio proceso metu gali būti pašalinamas defektų turintis popierius bei sulyginami ritinio kraštai.

- **Popieriaus lapų formavimas**

Priklausomai nuo popieriaus rūšies, iš popieriaus ritės gali būti pjaustomi atskiri popieriaus lapai. Popieriaus lakštų pjaustymas gali būti atliekamas su vieno besisukančio peilio sistema arba dviejų besisukančių peilių.

Vieno besisukančio peilio sistemą sudaro du peiliai, viena jų yra stacionarus, o kitas – pritvirtintas prie besisukančio cilindro. Popieriaus ritinys yra supjaustomas, kai besisukantis peilis sukontaktuoja su stacionariuoju peiliu.

Dviejų besisukančių peilių sistema yra panaši į vieno peilio sistemą, tik stacionarusis peilis yra pakeičiamas dar vienu besisukančiu peiliu.

- **Suformuotų lapų apipjaustymas**

Tai galutinis popieriaus gamybos etapas, kuris taikomas suformuotiems atskiriems popieriaus lapams apdirbti. Šio proceso tikslas yra apipjaustyti popieriaus lapą iki tikslaus nurodyto dydžio. Lapų apipjaustymas atliekamas giljotinos pjaustytuvu – tai toks įtaisas, susidedantis iš plokščio paviršiaus, ant kurio dedamas popierius, ir plataus bei aštraus plieninio peilio, kuris nuleidžiamas mechaniniu būdu. (Tarptautinė įmonė „Sappi“. 2018)

Po šių operacijų popieriaus ritiniai ar lapai yra suvyniojami, naudojant drėgmei atsparias medžiagas, pavyzdžiui, PE dengtu popieriumi. Paruoštos pakuotės yra paženklinamos ir pritvirtinamos prie padėklų, kuriais iškeliauja pas užsakovus.

1.3. Kartonai ir jų rūšys

1.3.1. Kartonų rūšys

Kartonas – tai storesnė medžiaga nei popierius ir yra viena iš populiariausių medžiagų pakuočių gamybai. Vyrauja įvairių storių bei gramatūrų kartonai. Pagal ISO standartą popierius, kurio gramatūra yra virš 200 g/m², yra laikomas kartonu. O išskirtiniais atvejais kartonas gali būti laikomas ir esant mažesnei nei 200 g/m² gramatūrai (Food packaging technology 2003).

Kartonas gali būti gaminamas vienasluoksnis arba daugiasluoksnis. Dažnu atveju yra naudojama daugiasluoksnė kartono konstrukcija. Tai suteikia galimybę naudoti skirtingų savybių pluoštų sluoksnius, taip pagaminant geresnės kokybės kartoną. Siekiant optimaliausiai pagerinti kartono savybes, daugiasluoksnę konstrukciją turėtų sudaryti nemažiau nei trys sluoksniai. Tokiu atveju, esant viduriniam sluoksniui, galima pagerinti paviršiaus savybes, neprarandant išorinių sluoksnių standumo.

Yra išskiriami 4 pagrindiniai kartonų tipai:

- **Balintos plaušienos kartonas (solid bleached board (SBB))**

Tai kartono rūšis, kurio gamybai yra naudojama tik balinta cheminė plaušiena. Viršutinis kartono paviršius yra padengiamas pigmentuota vieno ar kelių sluoksnių danga, o priklausomai nuo kartono panaudojimo gali būti dengiamas ir apatinis paviršius. Dangoje naudojami pigmentai gali būti mineraliniai arba sintetiniai.

Kartonas pasižymi geromis paviršiaus ir spausdinimo savybėmis. Jį galima lengvai pjaustyti, lankstyti, klijuoti, formuoti reljefinius vaizdus – tai leidžia įgyvendinti įvairius konstrukcinius dizaino elementus. Taip pat šį kartoną tinka naudoti aromatu ir skoniui jautrius gaminius, kaip pavyzdžiui, konditerijos gaminiai iš šokolado.

- **Nebalintos plaušienos kartonas (solid unbleached board (SUB))**

Tai kartonas, kuris gaminamas iš nebalintos cheminės plaušienos, dėl to kartono pagrindas būna rudos spalvos. Dažnu atveju viršutinis kartono paviršius yra dengiamas dviejų ar trijų sluoksnių danga, o apatinis – vienasluoksne danga. Siekiant pagerinti spausdinimo paviršių, kad atspaudų spalvos būtų ryškesnės, yra naudojama baltai pigmentuota danga kartu su nedideliu sluoksniu balintos plaušienos.

Šio tipo kartonas pasižymi dideliu standumu bei stiprumu. Todėl yra tinkamas gėrimų nešimo pakuočių gamybai, šaldytiems ir atšaldytiems produktams.

- **Lankstomas dėžių kartonas (folding boxboard (FBB))**

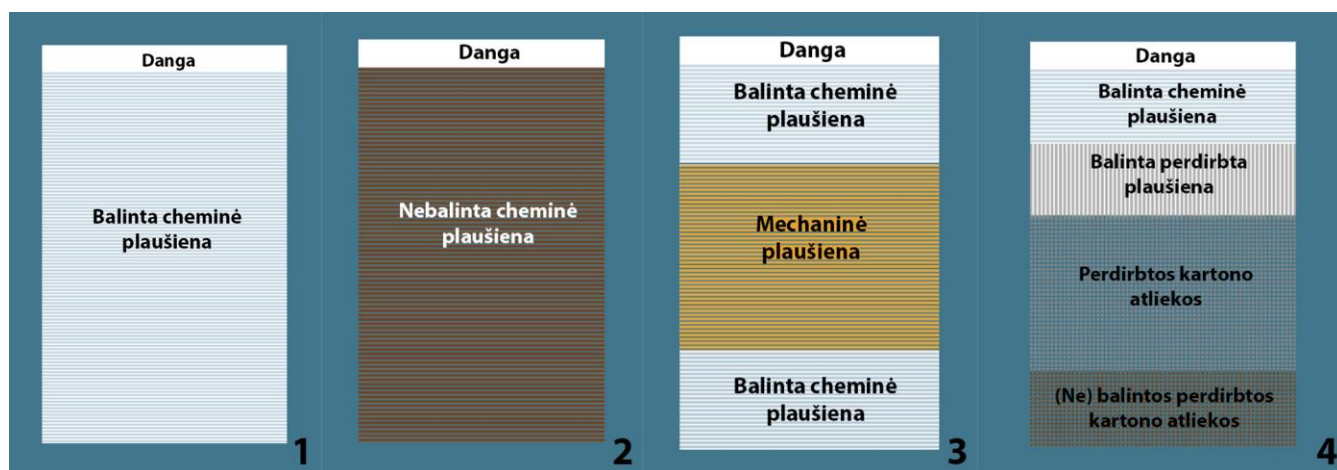
Tai kartono rūšis, kurios išoriniai sluoksniai yra gaminami iš cheminės plaušienos, o vidurinis – iš mechaniniu būdu gaminamos plaušienos. Priklausomai nuo kartono panaudojimo, viduriniajame sluoksnyje plaušiena gali būti pagaminta chemi-termomechaniniu, termomechaniniu būdu arba naudojama mechaniniu būdu perdirbta plaušiena. Viršutinis kartono paviršius dengiamas balinta danga siekiant pagerinti spausdinimo paviršių. Apatinis paviršius gali būti nedengiamas jokia danga ir įgauti kreminę spalvą. Kreminė paviršiaus spalva atsiranda dėl to, kad cheminė plaušiena yra ganėtinai permatoma ir persišviečia po ja esantis rudos spalvos mechaninė plaušiena.

Šio tipo kartonas pasižymi dideliu standumu. Dėl paviršiaus dangos pagerėja spausdinimo savybės. Pakuotės, pagamintos iš šio kartono, gali būti naudojamos šaldytiems, atšildytiems produktams bei konditerijos gaminiams.

- **Makulatūrinis kartonas (white lined chipboard (WLC))**

Tai kartono tipas, kurio gamybai yra naudojamos perdirbtos kartono atliekos. Viršutinis kartono sluoksnis papildomas balinta chemine plaušiena. Dažnu atveju viršutinis sluoksnis padengiamas dviejų ar trijų sluoksnių danga, o apatinis – vienasluoksne danga. Dėl naudojamų perdirbtų medžiagų, kartono paviršius įgija pilką spalvą.

Šis kartonas yra vidutinio tankumo ir plačiai naudojamas pakuočių gamyboje. Pagrindiniai produktai, kuriems gali būti naudojamos pakuotės pagamintos iš šio kartono, yra šaldyti gaminiai, įvairūs dribsniai ir kita.



11 pav. Skirtingų kartonų skerspjūviai: 1 – balintos plaušienos kartonas (SBB), 2 – nebalintos plaušienos kartonas (SUB), 3 – lankstomas dėžių kartonas (FBB), 4 – makulatūrinis kartonas (WLC)

1.3.2. Kartonų savybės

Kartonas yra populiari pakuočių gamybos medžiaga. Priklausomai nuo pakuojamo produkto bei aplinkos sąlygų yra parenkamas tinkamų savybių kartonas. Kartonui būdingas savybes galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes – tos, kurios susijusios su išvaizda, ir tos, kurios susijusios su efektyvumu.

1. Savybės, susijusios su kartono išvaizda

Tai išorinės charakteristikos, kurios yra susijusios su vizualia pakuotės išvaizda. Taip pat daro įtaką spausdinimo kokybei. Šias ypatybes gali nusakyti kartono baltumas, nepermatomumas, paviršiaus šiurkštumas, matinis ar blizgus paviršius (Tarptautinė įmonė „Sappi“ 2012).

- Paviršiaus baltumas – tai savybė, nusakanti paviršiaus gebėjimą atspindėti visas spalvų spektro spalvas. Ši savybė matuojama procentais. Paviršiaus baltumas gali priklausyti nuo naudojamos plaušienos išbalinimo lygio, o siekiant padidinti paviršiaus baltumą galima padengti kartoną pigmentuota danga.
- Nepermatomumas (angl. *opacity*) – tai savybė, kuri nusako šviesos galimybę pereiti per kartoną. Šis rodiklis yra išreiškiamas procentais. Kuo didesnis šis rodiklis tuo mažiau peršviečiamas yra kartonas. Tačiau nevisada nepermatomumo savybė yra tiesiogiai susijusi su medžiagos storiu ir gramatūra. Tam įtakos gali turėti plaušienos paruošimo procese naudojami įvairūs užpildai.
- Paviršiaus šiurkštumas – tai savybė, nusakanti paviršiaus nelygumą. Šią ypatybę apibrėžia laikas, per kurį tam tikras oro kiekis prasiskverbia tarp kartono paviršiaus ir lygios matavimo galvutės. Kuo gaunamas rodiklis yra mažesnis, tuo lygesnis yra paviršius. Nuo paviršiaus lygumo priklauso ir spausdinimo kokybė. Lygesnis paviršius lemia geresnę atspaudų kokybę, nes yra geresnis dažų padengimas.
- Paviršiaus blizgesys – kartono paviršius gali būti matinis arba blizgus. Blizgesį nusako paviršiaus gebėjimas atspindėti šviesą, krentančią tam tikru kampu. Atspindėtos šviesos kiekis išreiškiamas procentais. Taip pat paviršiaus blizgesys ar matiškumas yra susiję su paviršiaus šiurkštumu. Matinio kartono paviršius yra nelygus, o blizgaus kartono – lygus. Tai reiškia, kad blizgus kartono paviršius labiausiai yra apdirbamas kalandravimo būdu ir yra vienas iš plonesnių.

2. Savybės, susijusios su kartono efektyvumu

Tai savybės, tokios kaip tvirtumas, standumas, paviršiaus įtempimas ir šios savybės susiformuoja gamybos procese.

Tačiau kalbant apie pakuotes, vienos iš svarbiausių būtų kartonų barjerinės savybės. Pagrindinė pakuotės paskirtis yra apsaugoti gaminį nuo įvairių kenksmingų išorinių medžiagų, pavyzdžiui, purvo, dujų, įvairiausių kvapų, skysčių, kai kuriais atvejais nuo ultravioletinės spinduliuotės. Taip pat pakuotės viduje turi išsilaikyti produkto komponentai. Todėl yra svarbu atsižvelgti į barjerines kartonų savybes, renkantis medžiagą pakuočių gamybai.

Vyraujančios barjerinės savybės – kartonų atsparumas vandeniui ir drėgmei, riebalams ir dujoms, pavyzdžiui, deguonies ir anglies dioksido. Priklausomai nuo pakuojamo produkto gali būti atsižvelgiama į kelias barjerines savybes. Atsparumas riebalams ir drėgmei yra vienos iš savybių, į kurias labiausiai atsižvelgiama kalbant apie pakuotes.

Kartonas nepasižymi labai geromis barjerinėmis savybėmis. Dėl savo hidroskopinių savybių, kartonas lengvai įsisavina drėgmę. Pakuotė gali prarasti struktūriškumą, netinkamai apsaugoti produktą bei įsisavinta drėgmė gali pažeisti ir patį gaminį. Taip pat dėl susipynusių plaušų tinklo, kartonas įgauna porėtą struktūrą. Ši savybė turi neigiamą poveikį barjerinėms savybėms, nes oras ir kitos dujos gali lengvai įsiskverbti į kartoną. O deguonis ir kitos dujos ankstina įvairių produktų degradacijos procesą (Riekkilä 2019).

Taip pat renkantis kartoną svarbu atkreipti dėmesį ne tik koks gaminys bus laikomas pakuotėje, bet ir kiek laiko produktas turės tiesioginį kontaktą su pakuote. Pakuotės gali būti skirtos trumpalaikiam vartojimui, pavyzdžiui, valandai ar tik kelioms minutėms, ar ilgalaikiam vartojimui – mėnesiams ar net metams. Kartoninės pakuotės naudojamos trumpą laiką barjerinės savybės neturi būti labai efektingos nei lyginant su ilgalaikio vartojimo pakuote.

2. TYRIMO METODIKA

Tyrimui atlikti buvo pasirinkta keletas skirtingų kartonų pavyzdžių bei maisto produktai, kurie buvo naudojami kartonų barjerinėms savybėms tirti. Tyrimas atliekamas skirtingose terpėse – natūrali aplinka, šalta bei šilta aplinkos. Dėmesys buvo kreipiamas į atsirandančius defektus ant kartono, dėmės dydį bei laiką, kuriuo metu atsiranda dėmė. Atlikus tyrimą surinkti duomenys buvo susisteminti ir atliekamas rezultatų vertinimas. Tokiu tyrimo principu buvo išsiaiškinta, kuris kartonas yra tinkamesnis ilgesniam sąlyčiui su maistu, kuris tinkamas tam tikrai produktų grupei ir kaip greitai yra pažeidžiamas kartono paviršius.

2.1. Tyrimo medžiagos

2.1.1. Kartonai

Tyrimui atlikti buvo pasirinkti 35 kartono pavyzdžiai, kurie naudojami maisto produktų pakuotėms gaminti. Kartonai skiriasi savo sudėtimi, gramatūra (vyrauja nuo 190–450 g/m²), storiu (230–800 μm). Bandiniai buvo paruošiami kvadrato formos, kurių matmenys 35x35 mm. Kiekvienam tyrimo etapui naudojama po 3–4 bandinius kiekvieno kartono (natūralioje aplinkoje po 4 bandinius kiekvieno kartono, šaltoje ir šiltoje – po 3).

Tiriamieji kartonai:

1. „Pureboard“ kartonas (gramatūra 263 g/m², storis 360 µm)

Tai balintas, nedengtas kartonas, kuris gaminamas iš natūralių, neperdirbtų medžiagų. Pakuotės, pagamintos iš „Pureboard“ kartono, gali būti naudojamos šiltam ir šaltam maistui. Taip pat iš šio kartono gali būti gaminami vienkartiniai puodeliai.

2. „Aegle White“ kartonas

Tai visiškai dengtas GC1 kartonas. Viršutinis ir apatinis sluoksniai gaminami iš balintos cheminės plaušienos, o vidurinis sluoksnis – iš balintos CTMP masės. Kartono viršutinis sluoksnis dengtas keletą kartų, o apatinis – vieną kartą, tačiau abu sluoksniai yra baltos spalvos. Pakuotės, pagamintos iš „Aegle White“ kartono, naudojamos konditerijos gaminiams.

Tyrimė bus naudojami 2 šio kartono tipai:

- „Aegle White“ I kartonas (gramatūra 220 g/m², storis 325 µm).
- „Aegle White“ II kartonas (gramatūra 450 g/m², storis 800 µm).

3. „Kromopak“ kartonas

Tai visiškai dengtas GC2 pakavimo kartonas. Viršutinis ir apatinis sluoksniai susideda iš balintos cheminės plaušienos ir nepanaudotos PIW masės, o vidurinis sluoksnis – iš mechaninės plaušienos. Kartono viršutinis sluoksnis yra padengtas trimis sluoksniais, o apatinis – vienu sluoksniu. „Kromopak“ kartonas naudojamas konditerijos gaminių, šokoladų bei sauso maisto pakuočių gamybai.

Tyrimė bus analizuojami 2 „Kromopak“ kartono tipai:

- „Kromopak“ I kartonas (gramatūra 230 g/m², storis 377 µm).
- „Kromopak“ II kartonas (gramatūra 375 g/m², storis 610 µm).

4. „Browncolor“ kartonas

Kartonas gaminamas iš nepanaudotos PIW masės, o į vidurinį sluoksnį dar papildomai įmaišant mechaninės plaušienos. Viršutinis ir apatinis paviršiai papildomai nėra dengiami. Todėl abi kartono pusės yra rudos spalvos, taip pakuotei suteikiant išskirtinumo bei natūralumo. Iš „Browncolor“ kartono pagamintos pakuotės yra naudojamos sausiems produktams, šaldomiems gaminiams, vaisiams ir daržovėms bei greito maisto gaminiams.

Analizei pasirinkti 2 „Browncolor“ kartono tipai:

- „Browncolor“ I kartonas (gramatūra 215 g/m², storis 340 µm).
- „Browncolor“ II kartonas (gramatūra 280 g/m², storis 512 µm).

5. „Multicolor Mirabell“ kartonas

Tai kartonas, kurio gamybai naudojama daugiau perdirbtų medžiagų, nei natūralaus pluošto. Viršutinio ir apatinio sluoksnių sudėtis labai panaši. Abiems sluoksniams yra naudojama PCW ir nepanaudota PIW masė, o viršutiniam sluoksniui papildomai dar naudojama PIW masė. O tarpinį sluoksnį sudaro mechaninės plaušienos bei PCW masė. „Multicolor Mirabell“ kartono viršutinis sluoksnis yra dengtas, baltos spalvos, o apatinis – nedengtas, pilkos spalvos. Pakuotės, pagamintos iš „Multicolor Mirabell“ kartono, yra tinkamos sausiems ir šaldomiems produktams bei vaisiams ir daržovėms.

Bus tiriamos 3 „Multicolor Mirabell“ kartono tipai:

- „Multicolor Mirabell“ I kartonas (gramatūra 350 g/m^2 , storis $490 \text{ }\mu\text{m}$).
- „Multicolor Mirabell“ II kartonas (gramatūra 400 g/m^2 , storis $565 \text{ }\mu\text{m}$).
- „Multicolor Mirabell“ III kartonas (gramatūra 450 g/m^2 , storis $625 \text{ }\mu\text{m}$).

6. „Excellent Top Brown“ kartonas

Tai dar viena nedengta kartono rūšis. Viršutinis ir apatinis sluoksniai pagaminti iš cheminės plaušienos, o vidurinis sluoksnis – iš mechaninės plaušienos. Kaip ir anksčiau aptartas „Browncolor“ kartonas, „Excellent Top Brown“ kartonas išlaiko abi puses rudos spalvos. „Excellent Top Brown“ kartono pakuotės tinka naudoti sausiems ir šaldomiems produktams, įvairiems šokolado bei konditerijos gaminiams, vaisiams ir daržovėms bei greito maisto gaminiams. Šio kartono gramatūra yra 290 g/m^2 , o storis – $575 \text{ }\mu\text{m}$.

7. „Ensocoat“ kartonas

Tai iš abiejų pusių dengtas SBS daugiasluoksnis kartonas. Visi sluoksniai pagaminti iš cheminės plaušienos. Viršutinis šio kartono sluoksnis yra padengtas dviguba dangą, o apatinis – vienguba. „Ensocoat“ kartonas skirtas aukštos kokybės konditerijos bei šokolado gaminiams.

Tyrimė bus naudojami 2 šio tipo kartonai:

- „Ensocoat“ I kartonas (gramatūra 210 g/m^2 , storis $230 \text{ }\mu\text{m}$).
- „Ensocoat“ II kartonas (gramatūra 275 g/m^2 , storis $330 \text{ }\mu\text{m}$).

8. „Ensocoat 2S“ kartonas

Šis kartonas savo sudėtimi primena „Ensocoat“ kartoną. Tačiau „Ensocoat 2S“ yra iš abiejų pusių dviguba dangą dengtas SBS kartonas. Dėl iš abiejų pusių esančios dangos yra sukuriamas simetriškas kartono vaizdas, todėl pakuotės, pagamintos iš šio kartono, atrodo prabangesnės ir tinkamos įvairiems grafiniams objektams atvaizduoti. „Ensocoat 2S“ kartonas tinkamas aukštesnės kokybės konditerijos ir šokolado gaminių pakuočių gamybai.

Nagrinėjami bus 2 šio tipo kartonai:

- „Ensocoat 2S“ I kartonas (gramatūra 270 g/m², storis 290 µm).
- „Ensocoat 2S“ II kartonas (gramatūra 300 g/m², storis 330 µm).

9. „Tamfold“ kartonas

Tai vienasluoksne danga padengtas GC2 pakavimo kartonas. Viršutinis ir apatinis sluoksniai gaminami iš cheminės plaušienos, o tarp jų įsiterpęs vidurinis sluoksnis – iš PGW masės. Kartono viršutinė dalis baltos spalvos, o apatinė – kreminės spalvos. „Tamfold“ kartonas gali būti naudojamas greito maisto, šokolado ar konditerijos gaminių pakuotėms gaminti.

Bus tiriami 3 šio tipo kartonai:

- „Tamfold“ I kartonas (gramatūra 190 g/m², storis 350 µm).
- „Tamfold“ II kartonas (gramatūra 230 g/m², storis 440 µm).
- „Tamfold“ III kartonas (gramatūra 275 g/m², storis 540 µm).

10. „CKB“ kartonas

Tai pusiau matinis daugiasluoksnis kartonas. „CKB“ kartono viršutinė dalis pagaminta iš balintos cheminės plaušienos, o kiti sluoksniai – iš nebalintos cheminės plaušienos bei CTMP masės. Viršutinė dalis yra baltos spalvos su dviguba danga, o apatinis sluoksnis – rudos spalvos ir papildomai nedengtas. Kartonas gali būti naudojamas sauso, šaldyto ar atšildyto maisto, šokolado ar konditerijos gaminių pakuotėms gaminti.

„CKB“ kartono gramatūrų diapozonas 175–380 g/m², o storio diapozonas siekia 245–665 µm. Tyrimai bus atliekami su 4 šio tipo kartonais, kurie skiriasi storiu bei gramatūra:

- „CKB“ I kartonas (gramatūra 220 g/m², storis 360 µm).
- „CKB“ II kartonas (gramatūra 290 g/m², storis 490 µm).
- „CKB“ III kartonas (gramatūra 350 g/m², storis 600 µm).
- „CKB“ IV kartonas (gramatūra 380 g/m², storis 665 µm).

11. „Metsa Board“ įmonės kartonai

- „Simcote“ kartonas (gramatūra 290 g/m², storis 550 µm).

Tai visiškai dengtas GC2 pakavimo kartonas. Viršutinis ir apatinis sluoksniai pagaminti iš balintos cheminės plaušienos, o vidurinis – iš balintos mechaninės plaušienos. Dviguba danga dengiamas viršutinis sluoksnis, o apatinis – dangos neturi. Iš „Simcote“ kartono pagamintos pakuotės naudojamos šaldomam ir nešaldomam maistui pakuoti.

- „Avanta Prima“ kartonas (gramatūra 310 g/m², storis 325 µm).

- **„Carta Dedic Firm“ kartonas** (gramatūra 220 g/m², storis 280 µm).
Tai pakavimo kartonas, kurio visi sluoksniai pagaminti iš cheminės plaušienos, o viduriniam sluoksniui papildomai naudojama balinta CTMP masė. Nei viršutinė, nei Simcoteei apatinė kartono pusė nėra dengtos. Pakuotės pagamintos iš šio kartono gali būti naudojamos šaldytam arba greitam maistui pakuoti.
- **„Carta Dedic Fresh“ kartonas** (gramatūra 235 g/m², storis 330 µm).
Tai kartonas, kurio visi sluoksniai pagaminti iš balintos cheminės plaušienos, o viduriniam sluoksniui papildomai naudojama balinta CTMP masė. Nei viršutinė, nei apatinė kartono pusė nėra dengtos. „Carta Dedic Fresh“ kartonas naudojamas vienkartiniams puodeliams, kurie skirti šiltiems arba šaltiems gėrimams, gaminti.
- **„Carta Dedic Fine“ kartonas** (gramatūra 220 g/m², storis 315 µm).
Šis kartonas savo sudėtimi panašus į anksčiau minėtą „Carta Dedic Fresh“ kartoną – sluoksnių gamybai naudojama balinta cheminė plaušiena, o į vidurinį sluoksnį papildomai įmaišoma balintos CTMP masės. Tačiau nuo anksčiau minėto kartono, šis skiriasi tuo, kad viršutinis jo sluoksnis yra dengtas dviguba danga. „Carta Dedic Fine“ kartonas naudojamas šaltų gėrimų vienkartiniams puodeliams gaminti.
- **„Carta Integra“ kartonas** (gramatūra 235 g/m², storis 360 µm).
Tai visiškai dengtas kartonas. Viršutinio ir apatinio kartono sluoksnių gamybai naudojama balinta cheminė plaušiena, o tarpinis sluoksnis – iš balintos CTMP masės. Abi kartono pusės yra dengtos – viršutinis paviršius dengtas daugiasluoksne danga, o apatinis – vienasluoksne. Kartonas „Carta Integra“ naudojamas šokolado ir konditerijos gaminių pakuočių gamybai.
- **„Carta Solida“ kartonas** (gramatūra 255 g/m², storis 435 µm).
Tai kartonas, kuris savo sudėtimi atitinka anksčiau aptartą „Carta Integra“ kartoną. Pagrindinis skirtumas yra paviršių dangos. Tik viršutinis šio kartono sluoksnis yra padengtas daugiasluoksne danga. Pakuotės, pagamintos iš „Carta Solida“ kartono, naudojamos šokolado ir konditerijos gaminiams pakuoti.
- **„Carta Dedic Fast“ kartonas** (gramatūra 245 g/m², storis 455 µm).
Tai nedengto pakavimo kartono rūšis. Šio kartono viršutinis ir apatinis sluoksniai pagaminti iš balintos cheminės plaušienos, o tarpinis sluoksnis – iš balintos CTMP

masės. Pakuotės, kurios pagamintos iš „Carta Dedicata Fast“ kartono, skirtos naudoti šaldomiems bei greito maisto produktams laikyti.

- **„Carta Allura“ kartonas** (gramatūra 270 g/m², storis 425 µm).

Tai iš abiejų pusių dengtas kartonas, kurio viršutinis paviršius dengtas daugiasluoksne danga, o apatinis – vienasluoksne. Kartono išoriniai sluoksniai pagaminti iš cheminės plaušienos, o vidurinis – iš CTMP masės. Pakuotės pagamintos iš „Carta Allura“ kartono naudojamos konditerijos gaminiams pakuoti.

- **„Carta Elegata“ kartonas** (gramatūra 280 g/m², storis 450 µm).

Tai visiškai dengtas pakavimo kartonas. Jo išoriniai sluoksniai pagaminti iš balintos cheminės plaušienos, o tarpinis sluoksnis – iš balintos CTMP masės. Viršutinis paviršius padengtas daugiasluoksne danga, o apatinis – vienasluoksne danga. Kartonas „Carta Elegata“ gali būti naudojamas šokolado ir konditerijos gaminių pakuotėms gaminti.

12. „Performa alto“ kartonas

Tai visiškai dengtas GC1 pakavimo kartonas. Viršutinis ir apatinis sluoksniai gaminami iš cheminės plaušienos, o tarp jų įsiterpęs sluoksnis – iš cheminės plaušienos bei CTMP masės. Šio kartono viršutinis sluoksnis yra dengtas du kartus, o apatinis – vieną kartą.

Tyrimė bus nagrinėjami 3 šio tipo kartonai:

- „Performa Alto“ I kartonas (gramatūra 220 g/m², storis 260 µm).
- „Performa Alto“ II kartonas (gramatūra 260 g/m², storis 365 µm).
- „Performa Alto“ III kartonas (gramatūra 300 g/m², storis 430 µm).

Tyrimė naudoti skirtingų gamintojų kartonai:

- Švedijos celiuliozės ir popieriaus gamybos įmonė „BillerudKorsnäs“, kuriai priklauso „Pureboard“ kartonas.
- Suomijos popieriaus gamintoja „Kotkamills“, kuriai priklauso „Aegle White“ kartonas.
- „MM kerton“ – Austrijos popieriaus gamintoja, kuri gamina šiuos kartonus: „Kromopak“, „Browncolor“, „Multicolor Mirabell“ ir „Excellent Top Brown“.
- Suomijos celiuliozės ir popieriaus gamintoja „Stora Enso“, įmonės gaminami kartonai: „Ensocoat“, „Ensocoat 2S“, „Tamfold“, „CKB“, „Performa Alto“.
- „Metsä Board“ – Suomijos popieriaus ir kartono gamintoja (šios įmonės gaminamos kartono rūšys paminėtos anksčiau, aprašant kartonų sudėtis).

2.1.2. Riebios konsistencijos medžiagos

Prieš pradėdant atlikti tyrimą, buvo svarbu pasirinkti medžiagas, pagal kurias bus vertinamos kartonų barjerinės savybės. Medžiagos pasirinktos ne atsitiktinai, o atlikus trumpą maisto produktų testą. Siekiama atrasti medžiagas, kurios greičiau sureaguotų su turimais kartonais, ir kad ta reakcija būtų kuo aiškiau identifikuojama.

Testas atliekamas kambario temperatūroje su keliais kartono pavyzdžiais, stebint juos 12 valandų bei atliekant tarpinius stebėjimus kas kelias valandas. Pasirinktos medžiagos – pomidorų padažas, majonezas, grietinė, garstyčios, uogienė, sūris, mėsa. Nors tipiška kartoninės pakuotės šiems produktams nėra naudojamos, tačiau jie pasirinkti siekiant geresnių, greitesnių rezultatų. 2 lentelėje yra pateikiami bandomojo testo rezultatai.

2 lentelė. Kiekvienos medžiagos bandomojo testo rezultatai

Maisto produktai	Tyrimo rezultatai	
	Teigiamai vertinami	Neigiamai vertinami
Pomidorų padažas	Aiški atsiradusi dėmė. Kartono pažeidimai iš abiejų pusių. Tiriamoji medžiaga neišsiplėtė viso testo metu.	—
Majonezas	Aiški atsiradusi dėmė. Tiriamoji medžiaga neišsiplėtė viso testo metu.	—
Grietinė	Pirmieji požymiai atsirado jau po keleto minučių. Kartono pažeidimai iš abiejų pusių. Tiriamoji medžiaga neišsiplėtė viso testo metu.	Tiriamoji medžiaga apdžiūvo.
Garstyčios	Tiriamoji medžiaga neišsiplėtė viso testo metu.	Tiriamoji medžiaga apdžiūvo. Neatsirado dėmė.
Uogienė	Atsirado dėmė.	Tiriamoji medžiaga išsiplėtė, tai gali turėti įtakos galutiniams rezultatams.
Sūris	—	Neatsirado dėmė. Tiriamoji medžiaga sukietėjo. Tiriamoji medžiaga slidinėja nuo kartono.
Mėsa	Nedideli pažeidimai tiriamosios medžiagos pusėje.	Neatsirado dėmė. Tiriamoji medžiaga sukietėjo. Tiriamoji medžiaga slidinėja nuo kartono.

Gavus testo rezultatus, kartonų drėgmės ir riebalų barjerinėms savybėms tirti buvo pasirinkti šie maisto produktai:

- **pomidorų padažas** (pomidorų padažo riebumo lygis siekia apie 20 % ir dėl savo spalvos suformuoja aiškiai matomą dėmę);
- **grietinė** (produkto riebumas siekia 40 %);
- **majonezas** (šio produkto riebumo lygis siekia 60 %).

Tyrimui naudojamos medžiagos kiekis yra 1 ml.



12 pav. Kartonų, kontaktuojančių su skirtingomis medžiagomis pavyzdžiai (iš kairės: su pomidorų padažu; su grietine; su majonezu)

2.2. Tyrimo parametrai

Kartonai buvo tiriami skirtingose terpėse – natūralioje aplinkoje, kurios temperatūra siekia 22 °C, šaltoje (-16 °C) ir šiltoje (37 °C) aplinkoje. Tyrimas skirtingose terpėse leidžia atskleisti kartonų universalumą bei terpę, kurioje kartonas yra tinkamesnis lyginant su kitom terpėm.

Kiekvienoje terpėje kartonai buvo laikomi 12 valandų ir rezultatai žymimi tam tikrais nustatytais intervalais. Rezultatų fiksavimo intervalai būtų: 15 minučių, 30 minučių, 1 valanda, 1,5 valandos ir 2 valandos. Kiekviename etape buvo žymima, kurių kartonų atsparumas riebumui ir drėgmei buvo pažeistas, tai yra ar atsirado dėmė ar ne. Taip pat buvo kreipiamas dėmesys į kitus atsirandančius pakeitimus, pavyzdžiui, bandinio išsikraipymas, sušlapusios vietos, viso tyrimo eigoje.

Dėmės atsiradimas ar jos nebuvimas bus žymimas skaitinėmis vertėmis. Ant bandinio atsiradus dėmei, jos didžiausia vieta buvo išmatuojama ir rezultatas išreiškiamas centimetrais, o jei dėmės nebūtų – rezultatas įvertinamas nuliui. Tokiu būdu mažiausia galima vertė būtų nulis, o didžiausia – 5 centimetrai (kvadratinio bandinio įstrižainės dydis siekia 5 cm, tai reikštų, kad dėmė padengė visą bandinį). Taip pat atsiradus dėmei daromos nuotraukos, siekiant atvaizduoti kaip kinta dėmė laikui bėgant bei naudojamos papildomiems rezultatams gauti.

2.3. Rezultatų apdorojimas

Vienas iš tyrimo rezultatų pateikimo būdų yra atliekamas su nuotraukomis, vaizduojančiomis dėmę kiekvieno duomenų fiksavimo intervale. Šių vaizdų analizė buvo atliekama pasitelkiant „Matlab“ programinį paketą. Analizės metu nagrinėjamos kelios nuotraukos. Pirmoji nuotrauka – fiksuoja momentą, kai tik yra pažeidžiamos barjerinės savybės (atsiranda dėmė), o antroji – tyrimo pabaigoje (po 12 valandų nuo medžiagos uždėjimo ant kartono). Toliau surašomas ganėtinai detalus sprendimo algoritmas, kuris padės surašant komandas „Matlab“ programiniame pakete.

Sprendimo algoritmas:

- 1) Išsivalomas komandų langas bei uždaromos visos susietos programos.
- 2) Įsikeliamas nagrinėjamas vaizdas.
- 3) Nustatoma slenkstinė riba.
- 4) Nuotrauka paverčiama binariniu vaizdu.
- 5) Padaromas inversinis vaizdas.
- 6) Išvalomas triukšmas.
- 7) Apskaičiuojamas dėmės užimamas plotas.
- 8) Įsikeliama antroji nagrinėjama nuotrauka.
- 9) Kartojami 3 – 7 veiksmas naujai įsikeltai nuotraukai.
- 10) Pasitelkus susikurtą formulę, palyginama kiek procentų skiriasi dėmės dydis tyrimo pradžioje nuo dėmės dydžio tyrimo pabaigoje.
- 11) Išspausdinamas gautas rezultatas.

Šios analizės tikslas yra: apdorojus naudojamas nuotraukas, palyginti jose matomos dėmės dydžius. Rezultatai atvaizduos kiek procentaliai pradinė dėmė pakito nuo tos dėmės, kuri yra matoma jau tyrimui pasibaigus. Taip pat bus galima įžvelgti kaip intensyviai tam tikra medžiaga veikia kartoną ir kaip medžiaga bei dėmė reaguoja į aplinką.

3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Tyrimas buvo atliekamas trijose skirtingose aplinkose – kambario temperatūros (22 °C), šaltoje (-16 °C) ir šiltoje (37 °C) aplinkoje. Pasirinktos skirtingos aplinkos siekiant pastebėti temperatūros poveikį kartonų barjerinėms savybėms, kaip greitai ar lėtai atsiranda poveikis kartono išvaizdai. Tyrimas atliktas visose aplinkose, gauti rezultatai susisteminti ir išvesti vidurkiai, kuriais remiantis bus pateikiami grafikai ir lentelės, pagal kuriuos buvo suformuluoti pastebėjimai ir išvados.

3.1. Tyrimo natūralioje aplinkoje rezultatai

Šiame tyrimo etape bandiniai laikomi kambario temperatūros aplinkoje. Tiriamosios medžiagos – pomidorų padažas, majonezas, grietinė. Apie 44 % visų bandinių barjerinės savybės buvo pažeistos ir atsirado įvairaus dydžio ir formos dėmių. Be vieno iš pagrindinių defektų – dėmės atsiradimo – ant bandinių pastebėti ir kiti defektai.

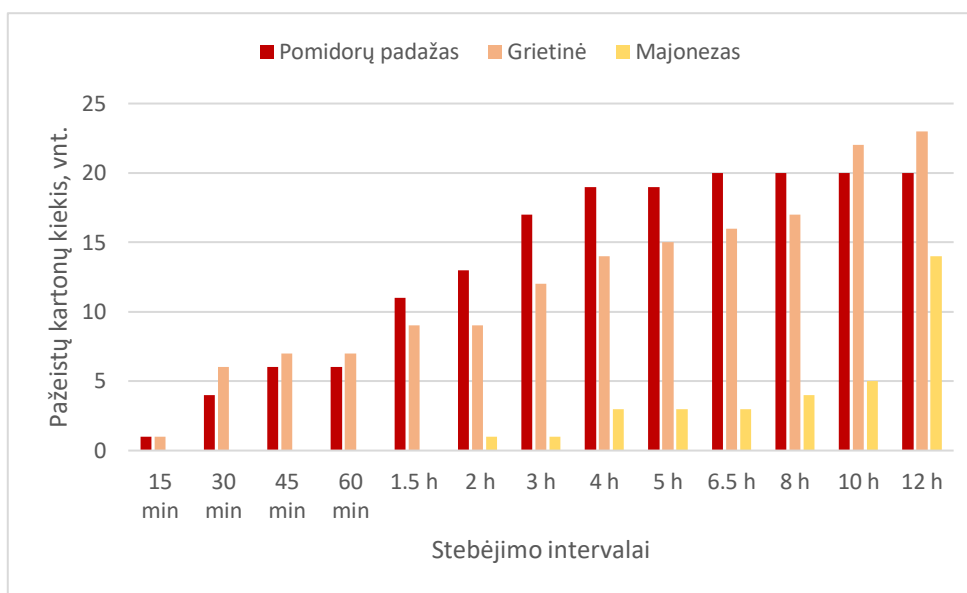
Kiti tyrimo metu pastebėti defektai:

- Kartono bandinys išsilenkė (kampai išsiritę į viršų/ į apačią).
- Atsiranda maži taškeliai, kurie nesuformuoja vientisos dėmės.
- Atsiranda dėmė prie tyrimui naudojamos medžiagos (grietinės, pomidorų padažo, majonezo).
- Kartonas sušlampa, tačiau dėmės nepalieka.
- Po ilgesnio tyrimo laiko pradeda formotis antroji dėmė, pirmajai šiek tiek išblukus (tiriant grietinę).
- Skirtingų formų dėmės – apskrita dėmė, apskrita dėmė su nelygiais kraštais, tuščiaviduris apskritimas, nestandartinės formos dėmė (13 pav.).



13 pav. Tyrimo metu susiformavusių dėmių pavyzdžiai

14 paveiksle pateikta histograma atvaizduoja duomenų pasiskirstymą, tyrimą atliekant natūralioje aplinkoje su visomis medžiagomis. Taip pat matoma, kiek tam tikru laiko momentu buvo pažeistų bandinių. Iš grafiko galima pastebėti, kad kartonus tiriant su pomidorų padažu ir grietine, duomenų pasiskirstymas yra ganėtinai panašus: intensyvaus pažeistų bandinių padidėjimo nesimato, duomenys kinta nuosekliai bei pirmieji pažeisti kartono bandiniai atsiranda praėjus 15 minučių nuo tyrimo pradžios. Tačiau, tiriant majonezu, pirmieji pažeisti bandiniai pastebimi tik praėjus 2 valandoms, staigus duomenų padidėjimas pastebimas tarp 10 ir 12 valandos, kada nuo 5 vienetų pažeistų bandinių padidėja iki 14 vienetų.

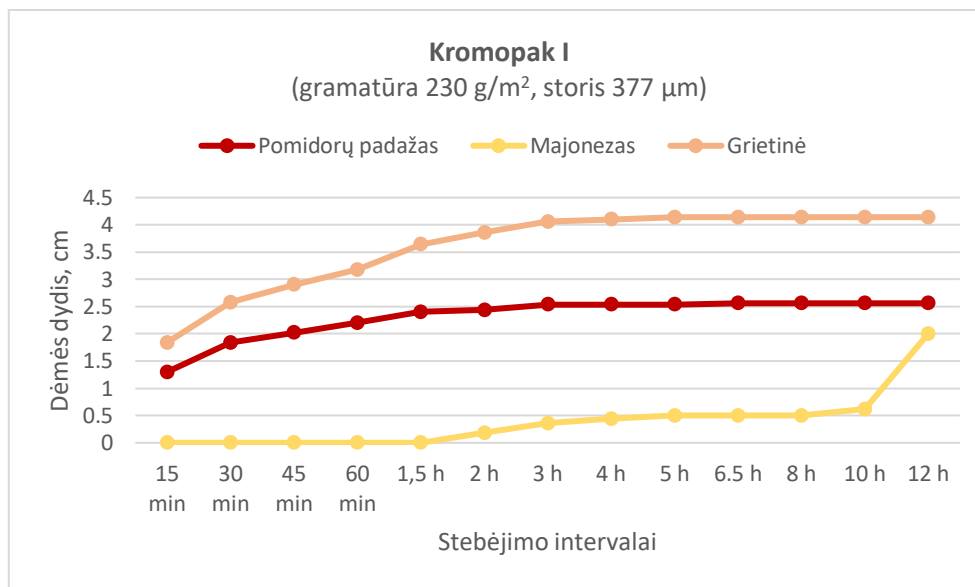


14 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu

Daugeliu atvejų bandiniai labiausiai buvo paveikiami jiems kontaktuojant su grietine, dėmės pradėdavo rasti greičiausiai ir išplisdavo daugiausiai. Taip pat, tiriant kartonus su grietine, buvo pastebėta, kad per laiką atsiradusi dėmė blanksta ir pradeda ryškėti antroji – mažesnė dėmė. To nebuvo pastebėta tiriant su kitomis medžiagomis, todėl buvo kreipiamas dėmesys, ar toks reiškinys atsirastų ir tiriant kitose terpėse.

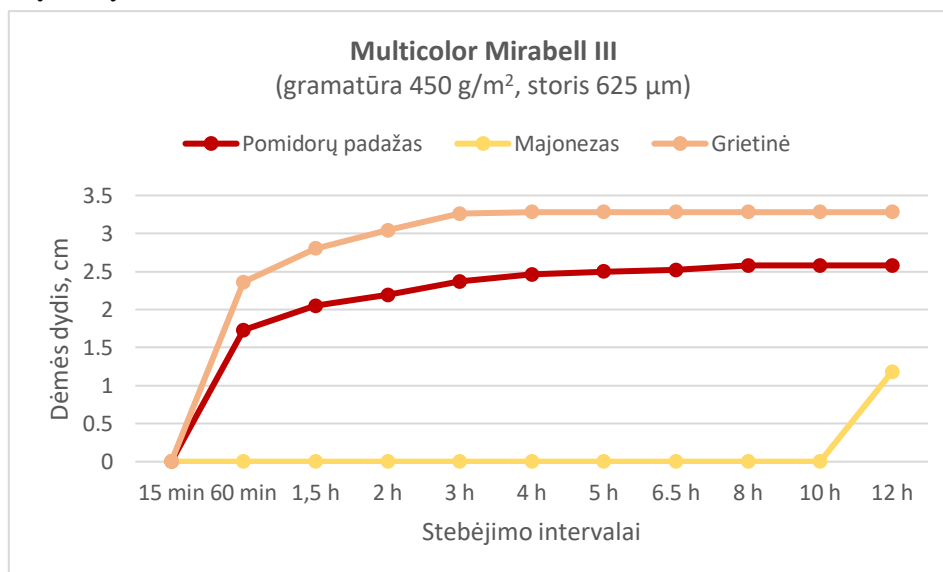
Mažiausiai kartonų barjerinėms savybėms įtakos turėjo majonezas, nors jo riebumo kiekis yra didžiausias (60 %). Iš visų tyrime naudotų bandinių, kurių buvo 151, tik 44 % buvo pažeisti. Tai reiškia, kad didžioji dalis kartonų net nebuvo sugadinti. O lyginant su pomidorų padažu ir grietine tiriamais kartonais buvo pažeista daugiau nei pusė bandinių (tiriant pomidorų padažu – 55 %, o grietine – 68 %). Todėl pasirinkta tolesniems tyrimams šios medžiagos nebenaudoti.

Iš visų pažeistų kartonų labiausiai paveiktas „Kromopak“ I kartonas (15 pav.). Barjerinės savybės pažeistos anksčiausiai ir dėmės plėtėsi labiausiai. Dėmės plitimas pastebimas nuoseklus, tačiau truputį ryškesnis pokytis matomas tiriant kartoną majonezu jau tyrimui einant į pabaigą. Tiriant kartoną su grietine buvo užfiksuota pati didžiausia dėmė viso tyrimo natūralioje aplinkoje metu. Vidutiniškai dėmė siekė 4,14 centimetrus.

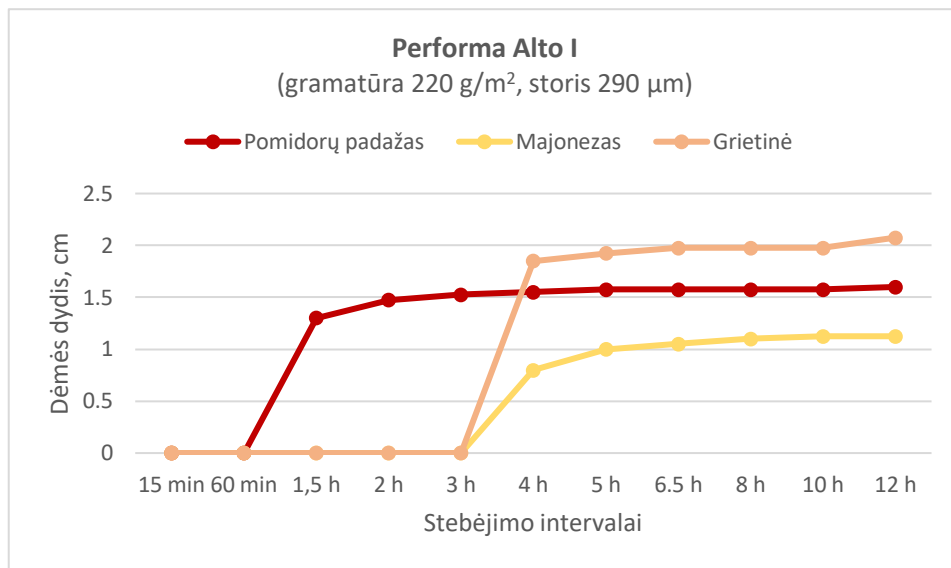


15 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Dažnu atveju buvo fiksuojama plačiai išsiplečianti dėmė, kurios plėtimasis laikui bėgant stabilizuojasi ir dėmė kinta labai minimaliai arba visai nebekinta. Tokią tendenciją galima pastebėti 16 ir 17 paveiksluose. 16 paveiksle atvaizduojamas „Multicolor Mirabell“ II kartonas. Šis kartonas turi vieną didžiausių gramatūrų – 450 g/m², jo storis siekia 625 μm ir viršutinis sluoksnis yra dengtas vieną kartą. 17 paveiksle pavaizduota „Performa Alto“ I kartono reakcija į medžiagas. Kartono pagrindiniai parametrai yra: gramatūra – 220 g/m², o storis – 290 μm, kartono viršutinis sluoksnis dengtas du kartus, o apatinis – vieną kartą.



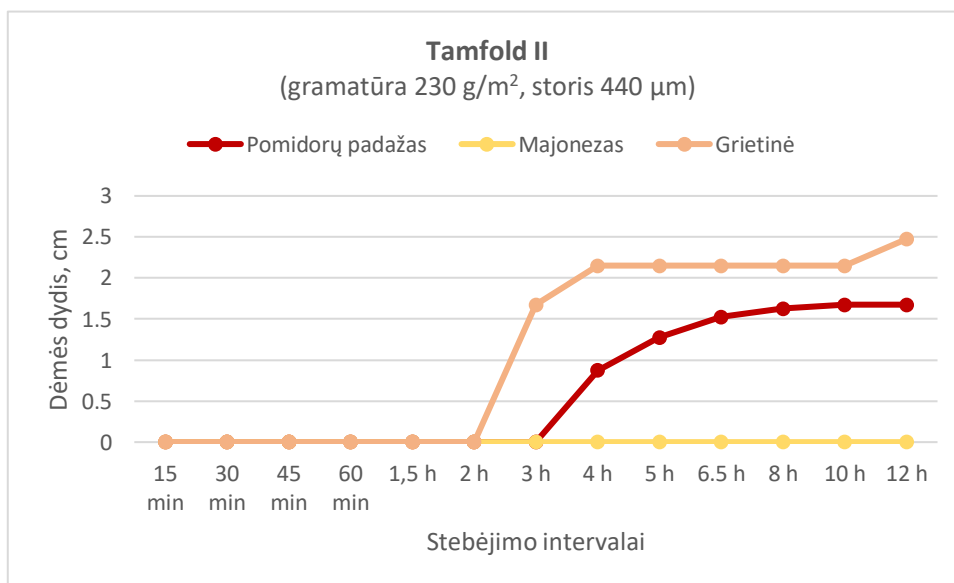
16 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Multicolor Mirabell“ III kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis



17 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Performa Alto“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Kartono storio ir sudėties įtaka barjerinių savybių kaitai

Taip pat, kaip vienas iš pavyzdžių yra palyginti kartonai „Kromopak“ I (15 pav.) ir „Tamfold“ II (18 pav.). Šių kartonų gramatūros yra vienodos, o skiriasi storis bei jų sudėtys. „Kromopak“ I kartono storis lygus 377 μm ir kartono abu paviršiai yra dengti. Tuo tarpu, „Tamfold“ II kartono storis yra 440 μm ir tik viršutinis kartono sluoksnis yra dengtas vienasluoksne danga. Iš pateiktų grafikų galima pastebėti, jog esant storesniam kartonui atsparumas drėgmei ir riebalams yra geresnis. Dėmės pradeda formuotis vėliau ir esant storesniam kartonui jos mažiau išplinta.



18 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Tamfold“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Nors „Kromopak“ I kartono paviršiai yra dengti kelių sluoksnių dangomis, jis parodė prasčiausius rezultatus. Tačiau, palyginant kartonus vienodomis gramatūromis, buvo pastebėta, kad geriau savybes išlaikė tie kartonai, kurių paviršiai buvo dengti dvisluoksne danga.

Keletas tokių kartonų pavyzdžių:

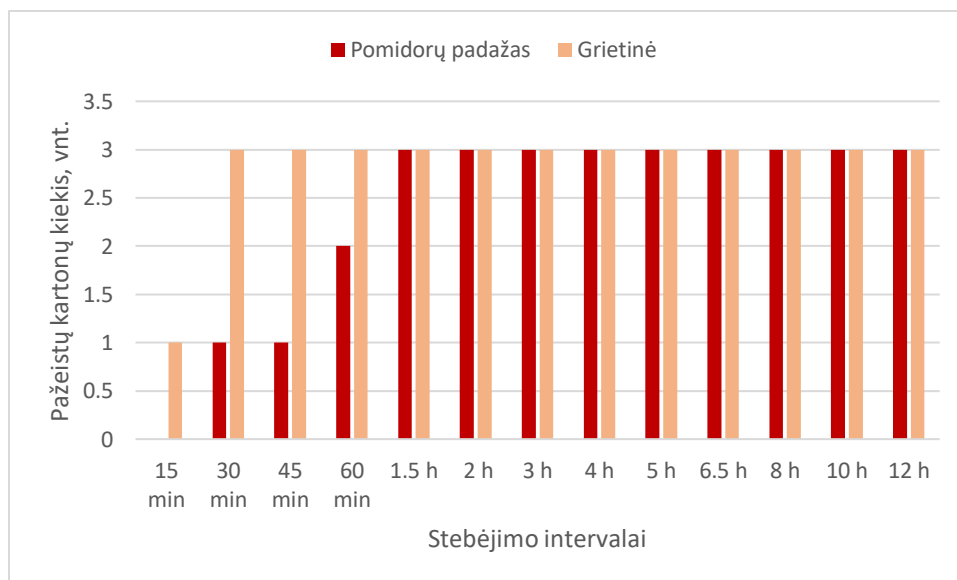
- „Aegle White“ I (gramatūra 220 g/m², storis 325 µm);
- „Excellent Top Brown“ (gramatūra 290 g/m², storis 575 µm);
- „CKB“ I (gramatūra 220 g/m², storis 360 µm);
- „Simcote“ (gramatūra 290 g/m², storis 550 µm);
- „Performa Alto“ III (gramatūra 300 g/m², storis 430 µm).

O šiame tyrimo etape iš visų kartonų labiausiai sugadinti buvo:

- „Kromopak“ I (gramatūra 230 g/m², storis 377 µm);
- „Kromopak“ II (gramatūra 375 g/m², storis 610 µm);
- „Multicolor Mirabell“ I (gramatūra 350 g/m², storis 490 µm);
- „Multicolor Mirabell“ II (gramatūra 400 g/m², storis 565 µm).

3.2. Tyrimo šaltoje aplinkoje rezultatai

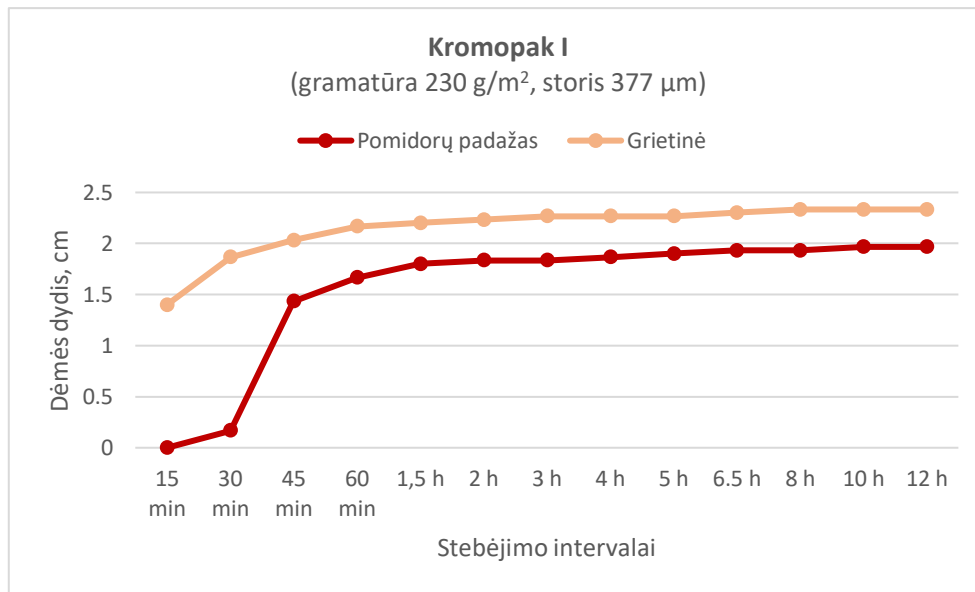
Šiame tyrimo etape bandiniai yra laikomi šaltoje aplinkoje. Joje temperatūra siekia -16 laipsnių, o tirinama su tomis pačiomis medžiagomis – pomidorų padažu ir grietine. Tyrimo metu tik labai maža bandinių dalis buvo sugadinti. Labiausiai išsiplėtusios dėmės dydis svyruoja nuo 2,2–2,5 cm ir kitokių, nei pastebėtų natūralioje aplinkoje, defektų neaptikta.



19 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu

Histogramoje (19 pav.) pastebima, kad viso tyrimo metu, bendras pažeistų kartonų skaičius nėra didelis. Jis tesiekia 3 bandinius (iš viso 35 bandiniai), tiriant tiek su pomidorų padažu, tiek su grietine. Taip pat abiem atvejais duomenys susivienodina praėjus 1,5 valandos.

Tačiau, įžvelgiama ir keletas skirtumų tarp tyrimų su šiomis dviem medžiagomis. Bandinius tiriant pomidorų padažu, duomenų kitimas pastebimas nuoseklus, pirmasis sugadintas kartonas pastebimas praėjus 30 minučių. Truputi kitokia situacija pastebima tyrime su grietine. Pirmasis bandinys, kuriame pastebima dėmė, atsiranda po 15 minučių nuo tyrimo pradžios ir staigesnis duomenų padidėjimas matomas tarp 15 ir 30 minučių.



20 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

20, 22 ir 23 paveiksluose pateikiama, kaip kito atsiradusios dėmės dydis kartoną tiriant skirtingomis medžiagomis. Šiuo atveju buvo pažeisti tik trys kartono bandiniai. Taip pat šie kartonai buvo pažeisti ir tiriant juos kambario temperatūros aplinkoje.

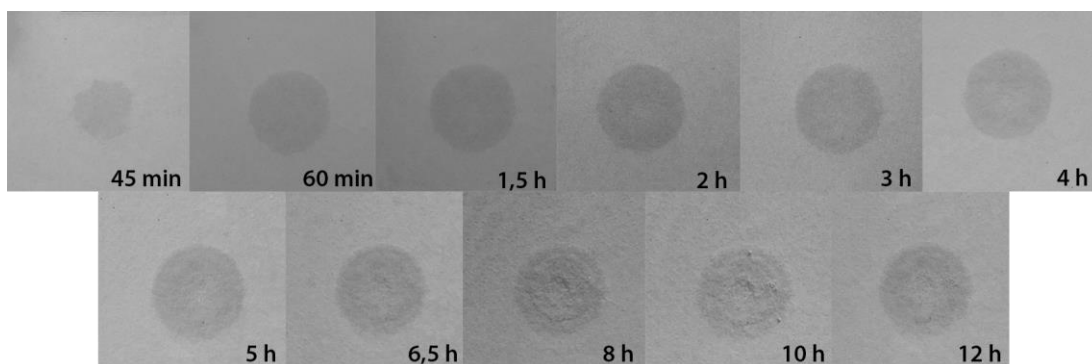
Pažeistieji kartono bandiniai:

- „Kromopak“ I – gramatūra 230 g/m², storis 377 μm.
- „Kromopak“ II – gramatūra 375 g/m², storis 610 μm.
- „Multicolor Mirabell“ I – gramatūra 350 g/m², storis 490 μm.

Iš pateiktų grafikų, galima pastebėti, kad labiausiai barjerinės savybės buvo paveiktos kartonams kontaktuojant su grietine. Ploniausiojo kartono („Kromopak“ I) barjeras pažeistas praėjus vos 15 minučių

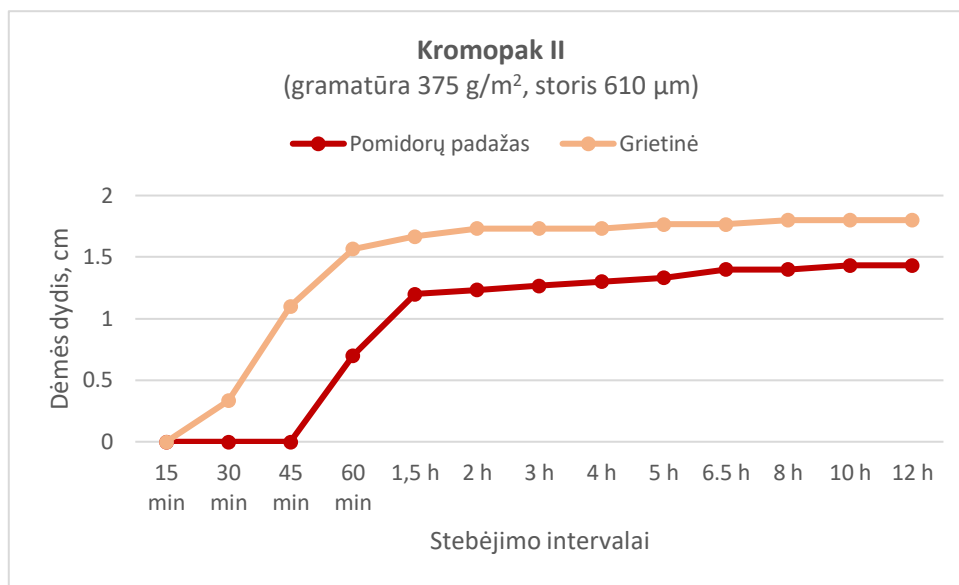
nuo tyrimo pradžios, o kitų kartonų – „Kromopak“ II ir „Multicolor Mirabell“ I – po 30 minučių. Intensyvesnis dėmės didėjimas pastebimas 1–1,5 valandos laiko tarpe, po kurio dėmės dydis nusistovi ir nebekinta. Ir didžiausia dėmė susiformavo ant „Kromopak“ I kartono ir ji siekia apie 2,5 centimetrų.

Analizuojant duomenis, kai bandiniai yra tiriami su pomidorų padažu, pastebimos tos pačios tendencijos kaip ir tiriant bandinius grietine. Tačiau defektai atsiranda truputį vėliau. Pradinės dėmės pastebimos laiko tarpe tarp 30 minučių ir 1,5 valandos. Praėjus dviems valandoms nuo tyrimo pradžios, dėmė nesiplečia (kreivė stabilizuojasi). Kaip kinta dėmės dydis ir forma pateikiama 21 paveiksle.

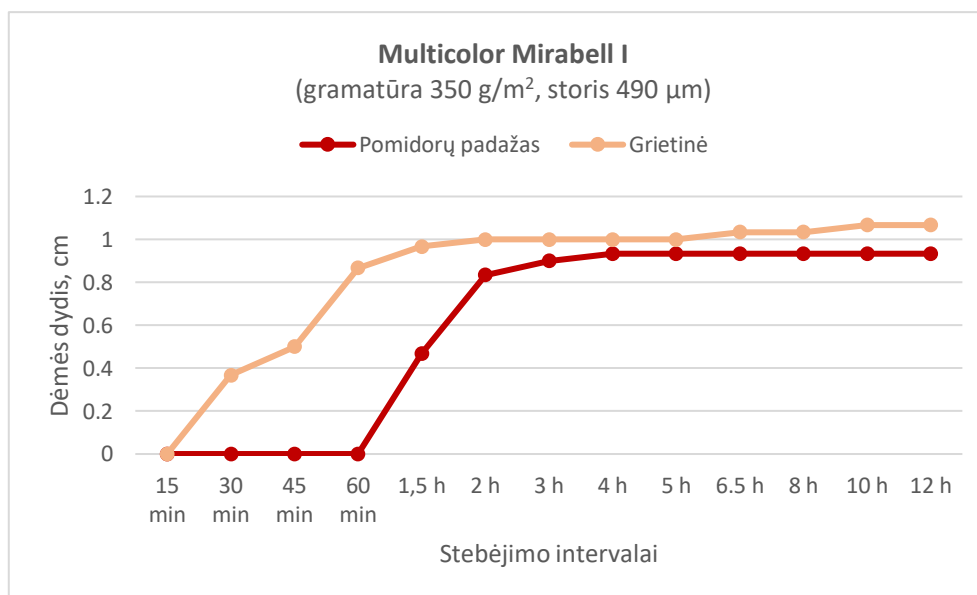


21 pav. Dėmės dydžio ir formos kitimas kartonui kontaktuojant su pomidoru padažu

Dėl žemos temperatūros, medžiagos prasiskverbimas pro kartoną sumažėja. Todėl didžioji dalis kartonų liko be defektų viso tyrimo metu. O tiems kartonams, kuriems atsirado dėmės, jos susiformavo mažesnės nei tiriant natūralioje aplinkoje. Pavyzdžiui, natūralioje aplinkoje „Kromopak“ I kartono dėmė, kontaktuojant su grietine, išsiplėtė daugiau nei 4 cm, o šaltoje – tik 2,5 cm. Tai reiškia, kad šaltis pristabdo medžiagos sklidimą ir kartonas yra sugadinamas mažiau.

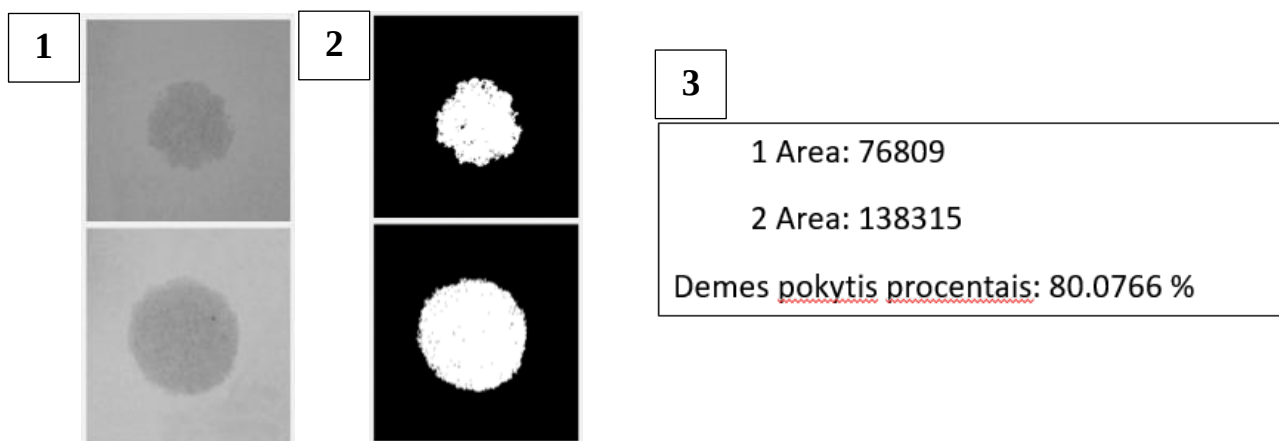


22 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis



23 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Multicolor Mirabell“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Nors šaltoje aplinkoje dėmės susiformuoja mažesnės. Tačiau, atlikus vaizdų analizę pastebima, kad medžiagos geba intensyviai prasiskverbti pro kartoną. Analizės pavyzdyje (24 pav.) pateikiama „Kromopak“ I (labiausiai pažeisto) kartono dėmių analizė. Nuo dėmės atsiradimo jos plotas padidėjo net 80 %. Taip pat pirminės dėmės susiformuoja nelygiais kraštais – banguotos, o laikui bėgant suformuoja lygesnę apskritimo formą.



24 pav. Vaizdų analizės, atliktos su „Kromopak“ I kartono tyrimo duomenimis, rezultatai:
1 – analizei naudotos nuotraukos, 2 – apdorotos nuotraukos, 3 – programos pateikiami rezultatai

Tačiau, nors ir esant žemesnei temperatūrai, kartonas vistiek yra gan greitai pažeidžiamas (po 15–30 minučių). Todėl, net ir naudojant šias kartono rūšis šaldomiems produktams, reikėtų atkreipti dėmesį ar produktai nėra per riebiūs, ar nereikia specialiai paruošti produkto ar naudoti sausesnius gaminius, kad šis negalėtų sugadinti kartono pakuotės vos tik įdėjus gaminį.

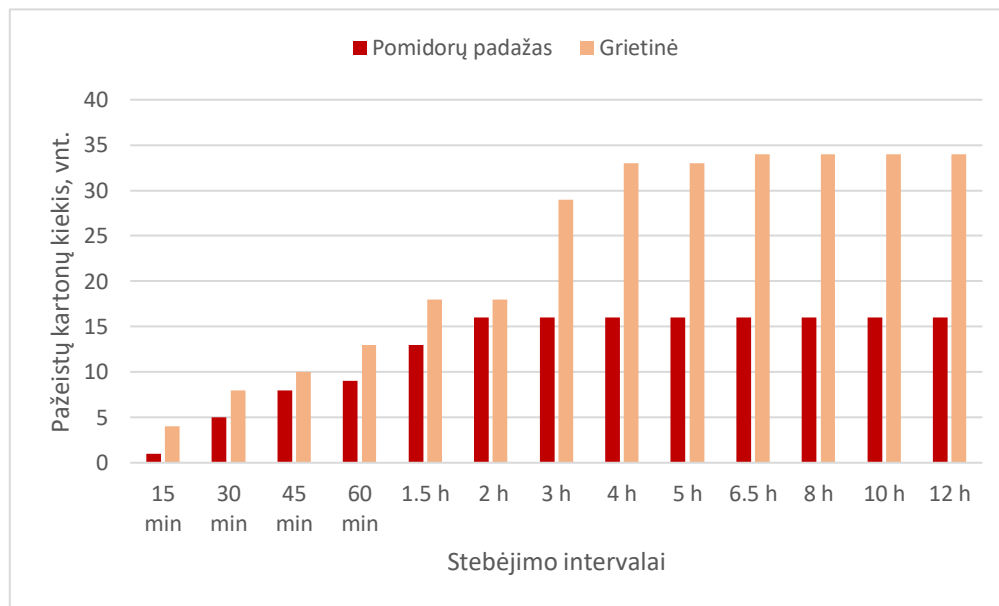
3.3. Tyrimo šiltoje aplinkoje rezultatai

Tyrimas atliekamas šiltoje terpėje, kurioje aplinkos temperatūra yra palaikoma + 37 °C. Nustatyta ganėtinai ekstremali temperatūra, tačiau tuo buvo siekiama palaikyti didesnę temperatūrų skirtumą tarp natūralioje aplinkoje buvusios temperatūros. Taip pat pastebėti, kaip kartonas reaguotų į šiltus produktus ar aukštą temperatūrą, jei, pavyzdžiui, pakuotė paliekama saulės šviesoje.

Tyrimo metu pastebėti defektai:

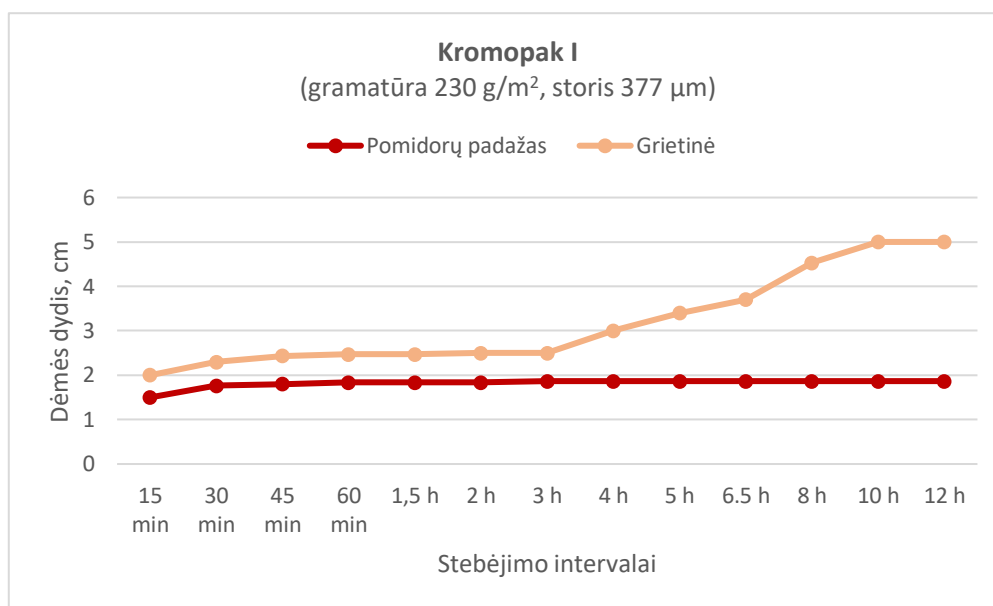
- Kartono bandinys išsilenkė (kampai išsiritę į viršų / į apačią).
- Atsiranda maži taškeliai, kurie nesuformuoja vientisos dėmės.
- Atsiranda dėmė prie tyrimui naudojamos medžiagos (grietinės, pomidorų padažo).
- Kartonas sušlampa, tačiau dėmės nepalieka.
- Skirtingų formų dėmės – apskrita dėmė, apskrita dėmė su nelygiais kraštais, tuščiaviduris apskritimas, nestandartinės formos dėmė.
- Dėl tyrimui naudotos medžiagos reakcijos į šilumą (išsiskyrus skysčiams) kartono bandinys visiškai sugadinamas arba atsiranda papildomų dėmių.

Daugelis defektų išliko tokie patys kaip ir tiriant bandinius natūralioje bei šaltoje aplinkoje. Tačiau kartonams kontaktuojant su grietine po ilgesnio laiko išsiskirdavo papildomas skystis, kuris suformuodavo pavienes dėmes arba visiškai padengdavo visą bandinį. Dėl šio reiškinio susiformavusios dėmės yra didžiausios viso tyrimo metu ir siekia 5 cm. Taip pat grietinė išlieka labiausiai barjerines savybes paveikusi medžiaga, o ant kartonų atsiradus papildomam medžiagos kiekiui jie nesugebėjo išlaikyti atsparumo skysčiams ir riebalams.



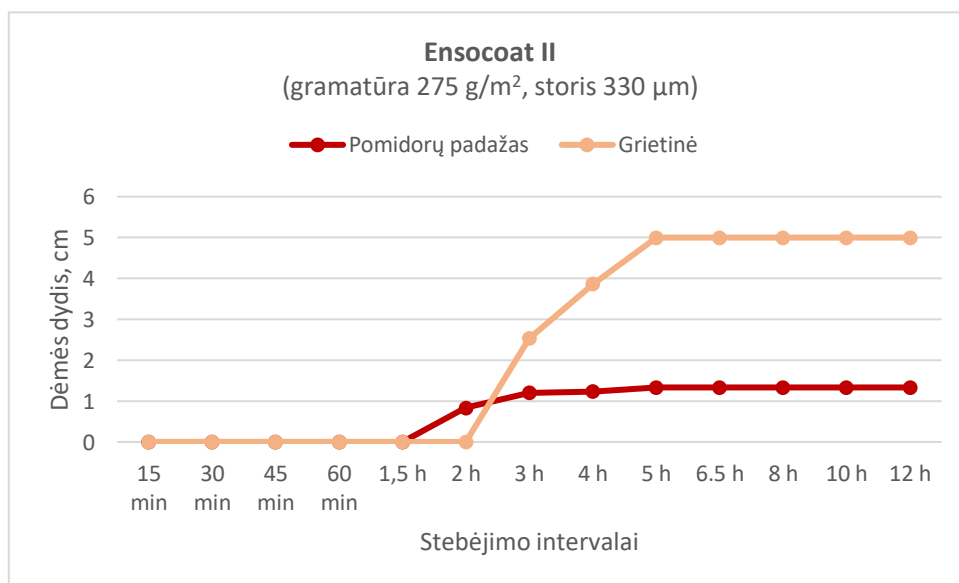
25 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu

Šiame tyrimo etape pastebimas ryškus skirtumas tarp bendro pažeistų bandinių skaičiaus, tiriant skirtingomis medžiagomis. Bandiniams kontaktuojant su grietine ilgesnį laiką, dėl šilumos, išsiskyrė papildomo skysčio. Tai įvyko tarp 2 ir 3 valandos, nes pastebimas ryškus skirtumas tarp duomenų (25 pav.). Dėl atsiradusio perteklinio skysčio, tyrimui einant į pabaigą, visi bandiniai buvo pažeisti.



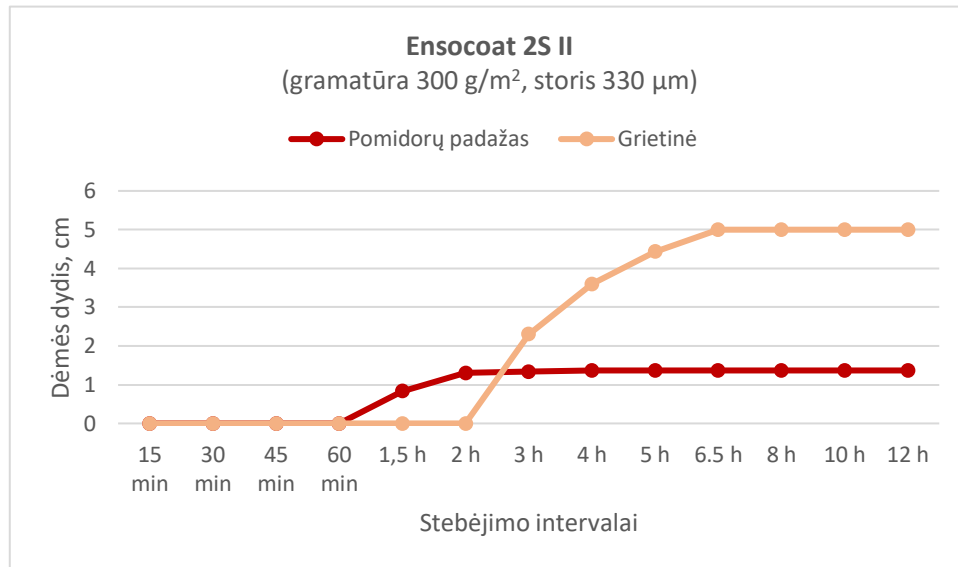
26 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Tiriant bandinius su pomidorų padažu, duomenų kitimas matomas nuoseklesnis. Visų tyrimo metu sugadintų bandinių skaičius yra nedidelis, lyginant tyrimo su grietine, nes tyrimui naudota medžiaga, neturėjo tokios padidintos reakcijos į šilumą ir nesukėlė papildomo skysčio išsiliejimo.



27 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Ensocoat“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Peržiūrint grafikus pastebima, kad tyrimo metu bandiniams kontaktuojant su pomidorų padažu dėmės plitimas yra nuoseklus ir laikui bėgant nusistovi. Tokį kitimą galima pastebėti pateiktuose 26–28 paveiksluose. Taip nutiko dėl greičiau iš medžiagos išgaruojančių skysčių. Todėl dėmės gavosi mažesnės nei tiriant kartonus su grietine. Didžiausios dėmės dydis siekia 2,1 cm.

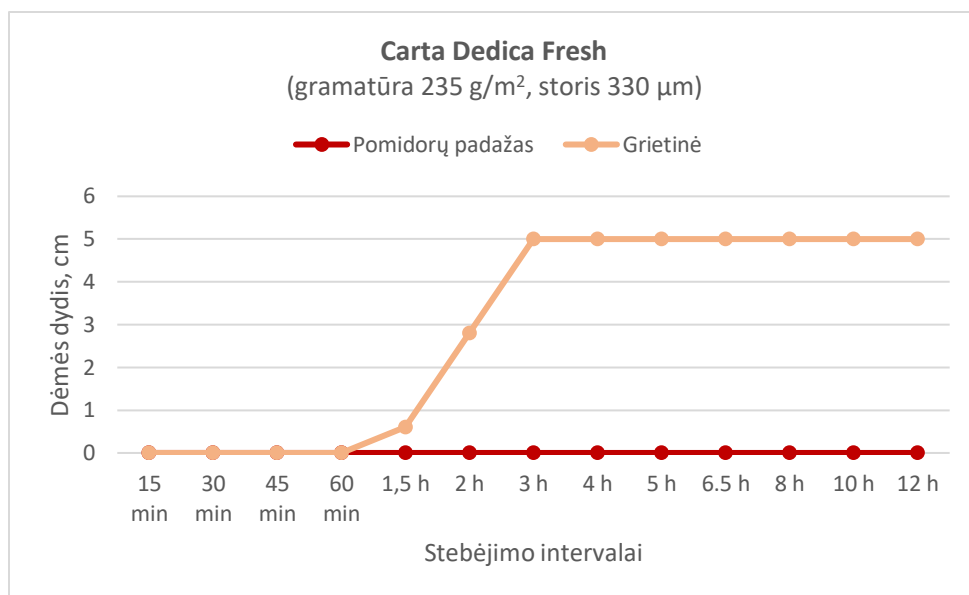


28 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Ensocoat 2S“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Taip pat kaip ir kituose tyrimo etapuose (natūralioje ir šaltoje aplinkoje) vienas iš pažeistų kartonų yra „Kromopak“ I. Dėmės dydžio kitimas ant šio kartono pateikiamas 26 paveiksle.

Kartono gramatūros ir sudėties įtaka barjerinių savybių kaitai

Natūralios aplinkos duomenys paanalizuoti lyginant kartonus, kurių storis yra vienodos, o skiriasi gramatūros bei sudėtis. Šioje terpėje bus kreipiamas dėmesys kaip gramatūros pokytis turi įtakos barjerinės savybėms. Pateiktuose grafikuose (27–29 pav.) kartonų storis išlaikomas 330 μm, o gramatūros kinta nuo 235 iki 300 g/m². „Ensocoat“ II kartono viršutinis sluoksnis dengtas dviguba danga, o apatinis – vienasluoksne danga. „Ensocoat 2S“ II abi pusės padengtos dvisluoksne danga, o „Carta Dedic Fresh“ kartono paviršiai nedengti.



29 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Carta Dedic Fresh“ kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Iš grafikų galima pastebėti, kad didėjant gramatūrai dėmės pradeda formuotis vėliau. Taip pat, didėjant gramatūrai dėmės plitimas pastebimas nuoseklesnis. Medžiagos prasiskverbimas į kartoną yra lėtesnis ir dėmė pasimato vėliau dėl tankesnės popieriaus struktūros. Nepaisant struktūros tankumo bei paviršių dangos, dėmės susiformavo ganėtinai panašaus dydžio visuose nagrinėjamuose pavyzdžiuose. Taigi, galima teikti, kad kartono gramatūra turi įtakos laikui, per kurį medžiaga prasiskverbia per kartono sluoksnius, o ne dėmės dydžiui.

Taip pat, analizuojant vienodo storio kartonus pastebėta, kad geresnius rezultatus parodė tie kartonai, kurie dengti dviguba danga. Tyrimo metu ant jų susiformavo vienos iš mažesnių dėmių.

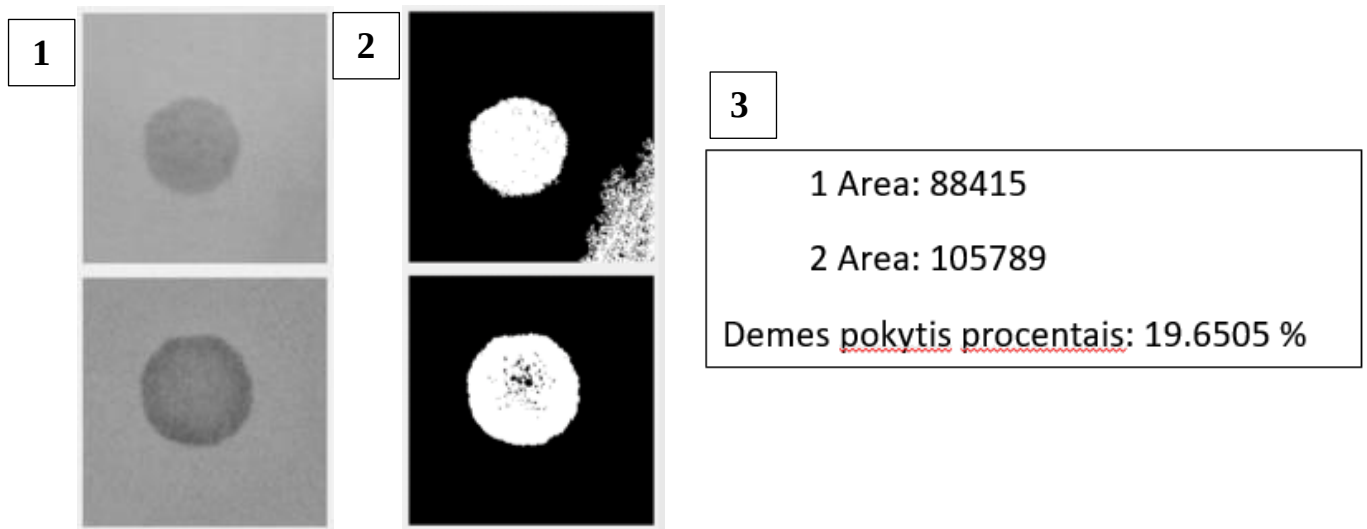
Keletas tokių kartonų pavyzdžių:

- „CKB“ I (gramatūra 220 g/m², storis 360 μm);
- „CKB“ II (gramatūra 290 g/m², storis 490 μm);
- „Carta Integra“ (gramatūra 235 g/m², storis 360 μm);
- „Performa Alto“ I (gramatūra 220 g/m², storis 290 μm).

O šiame tyrimo etape iš visų kartonų labiausiai sugadinti buvo:

- „Kromopak“ I (gramatūra 230 g/m², storis 377 μm);
- „Kromopak“ II (gramatūra 375 g/m², storis 610 μm);
- „Multicolor Mirabell“ I (gramatūra 350 g/m², storis 490 μm);
- „Ensocoat“ I (gramatūra 270 g/m², storis 290 μm).

Papildomiems duomenims gauti buvo pasitelktas „Matlab“ programinis paketas. Vaizdų analizė atlikta su labiausiai paveiktu kartonu visose terpėse – „Kromopak“ I (30 pav.).



30 pav. Vaizdų analizės, atliktos su „Kromopak“ I kartono tyrimo duomenimis, rezultatai:
1 – analizei naudotos nuotraukos, 2 – apdorotos nuotraukos, 3 – programos pateikiami rezultatai

Dėmė susiformuoja lygesnė nei lyginant su natūralioje aplinkoje matoma dėmė. Tačiau, šiltoje terpėje dėmės plotas pakito nedaug – apie 20 %. Naudota medžiaga nėra tokia riebi kaip grietinė. Dėl aukštos temperatūros medžiagos drėgmė greitai išgaravo ir dėmė negalėjo daug išplisti. Taip pat apdorotoje nuotraukoje, kurioje atvaizduojama dėmė tyrimui pasibaigus, pastebima, kad dėmė nėra visiškai užpildyta. Dėl aukštos temperatūros ir medžiagos nebegalėjimo prasiskverbti pro kartoną, dėmė pradeda blukti.

3.4. Apibendrinti rezultatai

Aptarus kiekvienoje terpėje pastebėtus atvejus, suformuojami apibendrintieji rezultatai. Visų terpių išskirtiniai bruožai pavaizduoti 3 lentelėje.

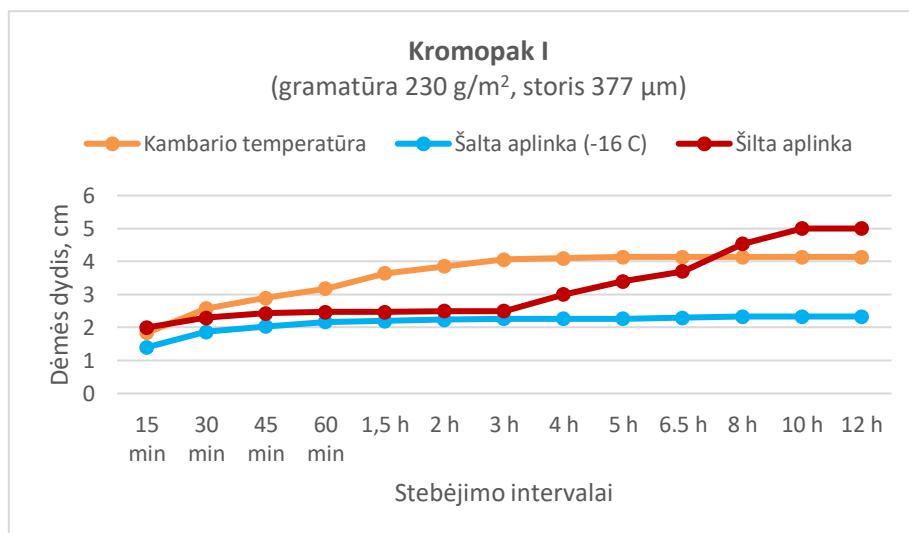
Kaip matoma iš lentelės, mažiausiai pažeistų kartonų buvo tyrimą atliekant šaltojoje terpėje. Dėl žemos temperatūros, kartonų reakcija su riebios konsistencijos medžiaga buvo sulėtinta ir didžioji dalis kartonų nebuvo pažeisti. Todėl, galima teigti, kad šiuos kartonus būtų galima naudoti šaldomiems produktams ir kartoninės pakuotės neturėtų pakitimų, kurie turėtų neigiamos įtakos prekės išvaizdai.

3 lentelė. Skirtingų terpių būdingi bruožai

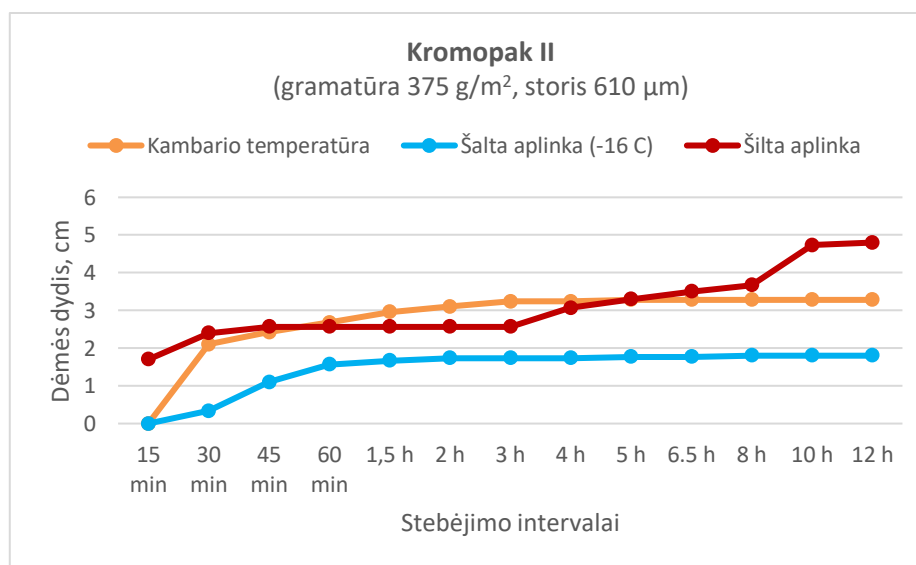
	NATŪRALI APLINKA	ŠALTA APLINKA	ŠILTA APLINKA
TEMPERATŪRA	+22°C	-16 °C	+37°C
NAUDOTOS MEDŽIAGOS	▪ Pomidorų padažas ▪ Grietinė ▪ Majonezas	▪ Pomidorų padažas ▪ Grietinė	▪ Pomidorų padažas ▪ Grietinė
IŠSKIRTINIAI DEFEKTAI	Po ilgesnio tyrimo laiko pradeda formuotis antroji dėmė, pirmajai šiek tiek išblukus (tiriant grietine)	—	Dėl tyrimui naudotos medžiagos reakcijos į šilumą (išsiskyrus skysčiams) kartono bandinys pilnai sugadinamas arba atsiranda papildomos dėmės
DUOMENŲ PASISKIRSTYMAS	Duomenų kitimas nuoseklus	Tarp 30–60 min atsiranda žymesnis duomenų padidėjimas, kuris vėliau išlieka nekintantis	Tarp 2–3 valandos yra pastebimas staigus duomenų padidėjimas
DIDŽIAUSIOS ĮGYTOS VERTĖS	Pomidorų padažas – 3 cm Grietinė – 4,5 cm Majonezas – 2,5 cm	Pomidorų padažas – 2,5 cm Grietinė – 2,5 cm	Pomidorų padažas – 2,1 cm Grietinė – 5 cm
SUGADINTŲ BANDINIŲ KIEKIS	55 %	8 %	78 %

Prasčiausius rezultatus parodė bandiniai, patalpinti šiltoje terpėje. Dėl didelės temperatūros ir medžiagos reakcijos į aukštą temperatūrą didžioji dalis bandinių buvo pažeisti. Patiems bandiniams aukšta temperatūra neturėjo didelės įtakos, neatsirado jokių netradicinių defektų. Tačiau, svarbu atkreipti dėmesį, kokios medžiagos bus dedamos ant kartono, nes nuo šių medžiagų reakcijos į temperatūrą, apsauginis barjeras gali būti greičiau pažeidžiamas. Todėl būtų nerekomenduojama šiuos kartonus naudoti šiltiems produktams arba naudoti tokias pakuotes tik atvėsus gaminiams.

Analizuojant duomenis skirtingose terpėse, buvo kreipiamas dėmesys kaip skirtingai reagavo kartonai suvienodinus jų storius ar gramatūras. Todėl, nuspręsta palyginti vienodos sudėties kartonus, kai skirsis jų storis ir gramatūra. Grafikuose (31–34 pav.) atvaizduojami „Kromopak“ ir „Tamfold“ kartonų. Atvaizduojama kartonų reakciją skirtingose terpėse, kai „Kromopak“ kartonas kontaktuoja su grietine, o „Tamfold“ kartonas – pomidorų padažu.



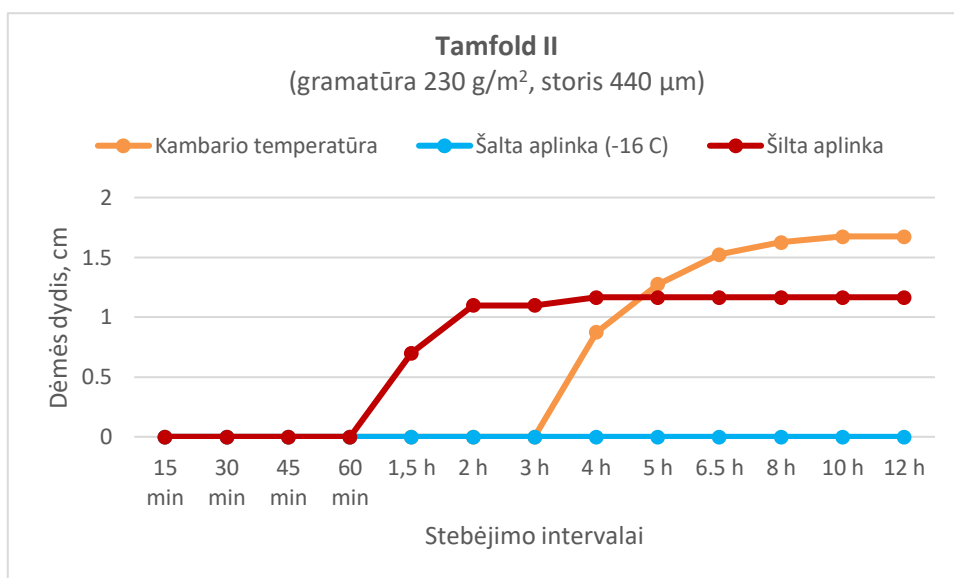
31 pav. Dėmės, susiformavusios skirtingose terpėse ant „Kromopak“ I kartono



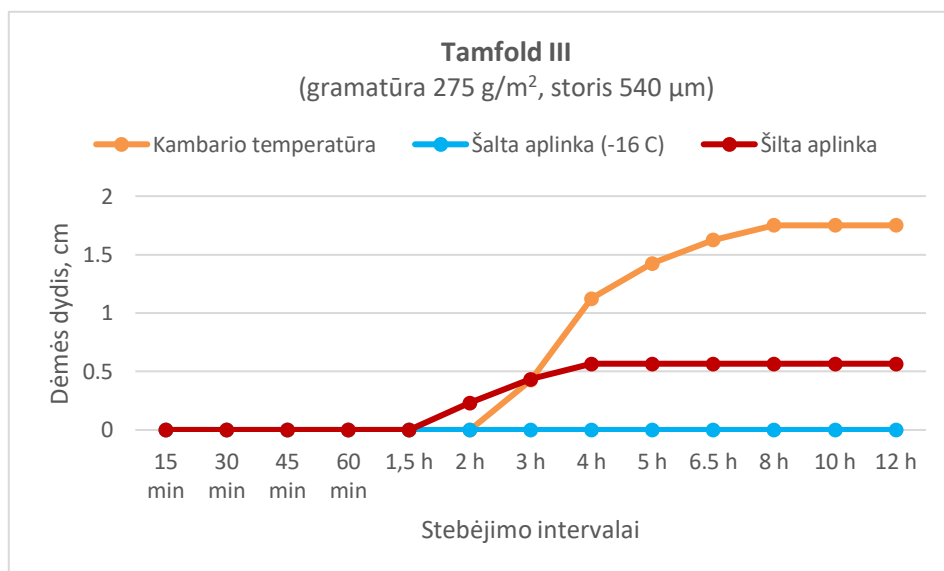
32 pav. Dėmės, susiformavusios skirtingose terpėse ant „Kromopak“ II kartono

Iš grafikų pastebima, kad didėjant storio ir gramatūros reikšmėms, kartonų barjerinės savybės gerėja. Dėl tankėjančios kartono struktūros dėmės susiformuoja vėliau, o storis lemia mažesnę dėmės išsiplėtimą. Tačiau, dėmės plitimo greitis tyrimo metu išlieka ganėtinai panašus.

Taip pat pastebėta, kad kartonui kontaktuojant su mažiau riebia medžiaga, kaip šiuo atveju būtų pomidorų padažas, barjerinės savybės yra silpnesnės kambario temperatūros aplinkoje. O didėjant kontaktuojamos medžiagos riebumui, ji intensyviau veikia kartoną ir dėmės gali susiformuoti didesnės.



33 pav. Dėmės, susiformavusios skirtingose terpėse ant „Tamfold“ II kartono



34 pav. Dėmės, susiformavusios skirtingose terpėse ant „Tamfold“ III kartono

IŠVADOS

Atlikus kartonų barjerinių savybių tyrimą skirtingose terpėse, gauti šie pagrindiniai rezultatai:

- Labiausiai paveiktas kartonas:
 - „**Kromopak**“ **I** (gramatūra 230 g/m², storis 377 μm);
 - „**Kromopak**“ **II** (gramatūra 375 g/m², storis 610 μm);
 - „**Multicolor Mirabell**“ **I** (gramatūra 350 g/m², storis 490 μm).
- Kartonas, geriausiai išlaikęs barjerines savybes:
 - „**CKB**“ **I** (gramatūra 220 g/m², storis 360 μm);
 - „**CKB**“ **II** (gramatūra 290 g/m², storis 490 μm);
 - „**Carta Allure**“ (gramatūra 270 g/m², storis 425 μm).
- Medžiaga, labiausiai paveikusi kartonų barjerą, yra grietinė. Visose tyrimo terpėse dėmės susiformavo didžiausios. Pastebėta, kad riebesnės ir klampesnės medžiagos kartonus pažeidžia vėliau. Esant aukštai temperatūrai, gali intensyviau skverbtis į kartoną. O medžiagos, kurių sudėtyje yra daugiau drėgmės ir jos yra takesnės, pavyzdžiui, pomidorų padažas, kartonus labiau pažeidžia natūraliomis sąlygomis, nes didėjant temperatūrai greičiau išgaruoja drėgmė ir nebėra pažeidžiamas bandinys.
- Aukšta temperatūra silpnina kartonų barjerines savybes. Dėl aukštos temperatūros kontaktuojanti medžiaga intensyviau išskiria drėgmę ir riebalus, todėl kartonai yra greičiau pažeidžiami. Nerekomenduojama dėti šiltų, neatvėsintų gaminių, kurie yra linkę riebaluotis, pavyzdžiui, sviestinės bandelės, nes pakuotė gali prarasti savo stabilumą bei greičiau susiformuoja riebalų dėmės.
- Geriausiai barjerinės savybės išsilaikė kartonams esant šaltoje aplinkoje, tik trys tiriamųjų kartonų rūšys buvo pažeistos. Galima teigti, kad visi tirti kartonų bandiniai yra tinkami naudoti šaltoje aplinkoje. Tačiau, naudojant kartonus, kurie tyrimo metu buvo pažeisti, dedami produktai turėtų būti arba šaldyti, arba turintys mažą drėgmės ir riebalų procentą, nes net ir žemoje temperatūroje buvo greitai pažeidžiami.
- Panagrinėjus gautus duomenis, pastebėta, kad didinant kartonų storį bei gramatūrą, gerėja barjerinės savybės. Dėmės pradeda atsirasti vėliau ir jos susiformuoja mažesnės.
- Kartonai, kurių paviršiai yra pagerinti dvisluoksne ar storesne danga, geriau išlaiko barjerines savybes – dėmės susiformuoja vėliau arba dėmės visai nesusidaro.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Bideau, B.; Loranger E.; Daneault, C. 2018 *Nanocellulose-polypyrrole-coated paperboard for food packaging*, in Progress in organic coatings. 128–133 p.
2. *Billerudkorsnas pure board – the clean and cost-effective choice for paper cups* [interaktyvus]. Švedija: AB „BillerudKorsnäs“ [žiūrėta 2020-03-29]. Prieiga per internetą: <<https://www.billerudkorsnas.com/our-offer/packaging-materials/cup-stock>>
3. *Billerud Pure board* [interaktyvus]. Rusija: „Prime-Route Ltd“ [žiūrėta 2020-03-05]. Prieiga per internetą: <<http://www.prime-route.ru/en/catalog/carton/product/41>>
4. Europos Parlamentas, Europos Taryba, 2019. Direktyva (ES) 2019/904 dėl tam tikrų plastikinių gaminių poveikio aplinkai pažinimo [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-14]. Prieiga per internetą: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex:32019L0904>>
5. *Food packaging technology*, 2003. Blackwell publishing Ltd, 241–281 p.
6. Garside, M. 2019 *Paper industry – statistics and facts* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.statista.com/topics/1701/paper-industry/>>
7. Išoraitė, M. 2014. *Pakuotės įtaka vartotojų apsisprendimui pirkti*, Vadyba 1: 19–26 p.
8. „Kotkamills“ įmonės gaminamo „Aegle“ kartono specifikacija [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-28]. Prieiga per internetą: <<https://kotkamills.com/products/aegle/>>
9. Lavoine, N.; Bras, J.; Desloges, I. 2013. *Mechanical and barrier properties of cardboard and 3D packaging coated with microfibrillated cellulose*, in Applied polymer science. Prancūzija.
10. Manktelow, K. 2019. *How grease resistant packaging solves greasy food issues* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per internetą: <<https://chapeltonboard.com/blog/grease-resistant-packaging/>>
11. „Metsäboard“ įmonės gaminamų kartonų specifikacijos [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-02]. Prieiga per internetą: <<https://www.metsaboard.com/Customers/Pages/Product-Search.aspx#Product-search>>
12. „MM karton“ įmonės gaminamų kartonų specifikacijos [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-02]. Prieiga per internetą: <<https://www.mm-karton.com/en/products/>>
13. Mokslinė redakcinė taryba. 2010. *Visuotinė lietuvių enciklopedija*. 18 tomas. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras.
14. Ostlund, S. *Paper and paperboard based packaging* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-27]. Prieiga per internetą: <https://www.kth.se/polopoly_fs/1.218112!/Menu/general/column-content/attachment/F2.pdf>

15. Pačekajūtė, M.; Bazienė, K. 2018. *Riebalų atskyrimo nuo popieriaus eksperimentiniai tyrimai*, iš *Mechanika, medžiagų inžinerija, pramonės inžinerija ir vadyba: Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2019 metais, pranešimų medžiaga. Vilnius: Technika.
16. Parker, L. 2018. *Fast facts about plastic pollution*, in National Geographic [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.nationalgeographic.com/news/2018/05/plastics-facts-infographics-ocean-pollution/>>
17. Rieki A. 2019. *Oil and grease resistant paperboard – factors affecting barrier properties and an evaluation of the test methods*. Suomija: Temperės universitetas.
18. Sonmez, S.; Ozden, O. 2018. *Barrier properties of paper and cardboard*, in *Academic researches in architecture, engineering planning and design*. Turkija. 171–183 p.
19. „Stora Enso“ įmonės gaminamų kartonų specifikacijos [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-02]. Prieiga per internetą: <<https://www.storaenso.com/en/products/paperboard-materials/food-service-and-packaging>>
20. Tarptautinė įmonė „Sappi“. 2012. *Wood, pulp and paper* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.slideshare.net/SappiHouston/basics-of-wood-pulp-and-paper-november-2012>>
21. Tarptautinė įmonė „Sappi“. 2018. The paper making process: from wood to coated paper [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-04-13]. Prieiga per internetą: <https://www.sappiandyou.sappi.com/wp-content/uploads/2019/02/2018_a4_technical-brochure-paper_making_process_en.pdf>
22. WestRock MWV. 2018-05-17. *Oil and grease resistant paperboard*. JAV patentas US 2018/0135252 A1.
23. WestRock MWV. 2019-05-02. *Oil, grease and moisture resistant paperboard having a natural appearance*. JAV patentas US 2019/0127917 A1.

PRIEDAI

STRAIPSNIO MAKETAS

Maisto produktų kartoninės pakuotės barjerinių savybių tyrimas

Aistė MARCINKUTĖ, dr. Rimantas STONKUS

Anotacija. Tyrime yra pateikiami įvairių storių bei gramatūrų kartonų barjerinių savybių tyrimo skirtingose aplinkose rezultatai. Dėl vis daugėjančių plastiko pakuočių atliekų aplinkoje stengiamasi naudoti ekologiškesnių medžiagų – kartono – produktų pakuotes. Pakuotės turi apsaugoti produktą nuo išorinių veiksnių, bet tuo pačiu neprarasti prekinės išvaizdos. Todėl siekiama išsiaiškinti kokios kartonų savybės bei temperatūrų skirtumai gali turėti įtakos kartonų gebėjimui išlaikyti barjerą nuo drėgmės ir riebalų. Kartonai tiriami skirtingose terpėse – šaltoje, natūralioje ir šiltoje – ant kartonų laikant riebios konsistencijos medžiagas. Tyrimo metu buvo fiksuojama atsiradusi dėmė bei kiti pažeidimai ir kreipiamas dėmesys į temperatūros daromą įtaką defektų susidarymui. Išanalizuoti tyrimo rezultatai ir pateiktos labiausiai ir mažiausiai paveiktos kartono rūšys ir veiksniai, galėję turėti įtakos šiems rezultatams.

Reikšminiai žodžiai: kartonas, barjerinės savybės, gramatūra ir storis, atsparumas drėgmei ir riebalams, maisto produktų pakuotės.

Santrumpos

CTMP – Chemi-termomechaninis plaušinimas (angl. *Chemi-thermomechanic pulping*)

GC1 – Dengtas kartonas su baltos spalvos apačia

GC2 – Dengtas kartonas su kreminės spalvos apačia

MFC – Mikrofibruota celiuliozė (angl. *Microfibrillated Cellulose*)

PCW – Popieriaus ir kartono atliekos, susidarančios iš vartotojų ir biurų (angl. *Post consumer waste*)

PIW – Pramoninės popieriaus ir kartono atliekos, susidarančios iš įmonių (angl. *Pre Consumer Waste of Post Industrial Waste*)

SBB – Kartonas, pagamintas iš balintos cheminės plaušienos (angl. *Solid bleached board*)

SBS – Kartonas, pagamintas tik iš balintos cheminės plaušienos (angl. *Solid bleached sulphate*)

SUB – Kartonas, pagamintas iš nebalintos cheminės plaušienos (angl. *Solid unbleached board*)

WLC – kartonas, gaminamas iš perdirbtų kartono atliekų (angl. *White lined chipboard*)

1. Įvadas

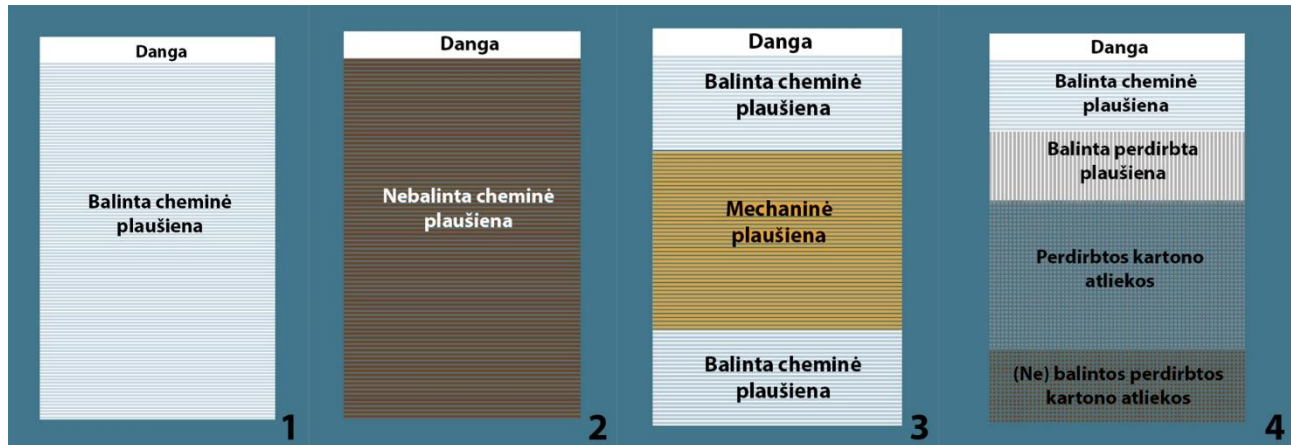
Produktų pakuotės gali būti gaminamos iš plastiko, kartono, stiklo, metalo. Dėl žemos gamybos kainos, medžiagos lengvumo dažnai pakuočių gamybai yra pasirenkama pakuotes gaminti iš plastiko. Tačiau įvairaus tipo plastiko pakuočių atliekų apdorojimas yra prastas ir tokios atliekos patenka į aplinką. Dėl daromo neigiamo poveikio aplinkai, yra ieškoma būdų, kaip pagerinti padėtį. 2019 metais išleistoje Europos direktyvoje (ES) 2019/904 siūloma didinti perdirbamo plastiko kiekius, skatinti naudoti daugiau daugkartinio naudojimo gaminius arba ieškoti ekologiškesnių alternatyvų plastiko pakuotėms pakeisti (Europos Parlamentas, Europos Taryba 2019).

Kaip alternatyva galėtų būti pasiūlyta kartoninė pakuotė. Ši medžiaga turi vieną didžiausių perdirbimo rodiklių. Taip pat kartonas yra paveikus klimato veiksniams ir greitai suyra aplinkoje, todėl būtų tinkamas kompostavimui.

Kartonas yra vienasluoksnė ar daugiasluoksnė medžiaga. Dažnu atveju yra naudojama daugiasluoksnė kartono konstrukcija. Tai suteikia galimybę naudoti skirtingų savybių pluoštų sluoksnius, taip pagaminant geresnės kokybės kartoną.

Yra išskiriami 4 pagrindiniai kartonų tipai:

- Balintos plaušienos kartonas (SBB) – gaminamas tik iš balintos cheminės plaušienos. Viršutinis sluoksnis dengiamas vieno ar kelių sluoksnių danga, o apatinis gali būti dengiamas arba ne.
- Nebalintos plaušienos kartonas (SUB) – gaminamas iš nebalintos cheminės plaušienos, kartono pagrindas būna rudos spalvos. Viršutinis sluoksnis dengiamas dviejų arba trijų sluoksnių danga, o apatinis – gali būti dengiamas arba ne.
- Lankstomas dėžių kartonas (angl. *folding boxboard*) (FBB) - išoriniai sluoksniai yra gaminami iš cheminės plaušienos, o vidurinis – iš mechaniniu būdu gaminamos plaušienos. Kartono paviršiai gali būti dengiami siekiant pagerinti paviršiaus kokybę.
- Makulatūrinis kartonas (WLC) – gaminamas iš perdirbtų kartono atliekų, o viršutinis sluoksnis papildomas chemine plaušiena. Paviršiai gali būti dengiami. (Food packaging technology 2003)



1 pav. Skirtingų kartonų skerspjūviai: 1 – balintos plaušienos kartonas (SBB), 2 – nebalintos plaušienos kartonas (SUB), 3 – lankstomas dėžių kartonas (FBB), 4 – makulatūrinis kartonas (WLC)

2. Kartonų barjerinėms savybėms įtaką darantys veiksniai

Atsparumas produktų drėgmei ir riebalams yra viena iš svarbiausių kartoninių pakuočių ypatybių. Todėl yra svarbu atkreipti dėmesį į veiksniai, kurie gali turėti įtakos kartono kokybei bei bendrai pakuotės išvaizdai. Kartonų kokybei bei pakuotės išvaizdai įtakos gali turėti tiek išoriniai, tiek vidiniai veiksniai (2 pav.).



2 pav. Veiksniai, turintys įtakos kartonų barjerinėms savybėms

Išoriniai veiksniai yra susiję su aplinka, kurioje yra laikomos pakuotės. Aplinkos temperatūros ir drėgmės lygio kitimas, pakuotę transportuojant ar sandėliuojant, gali susilpninti kartonų barjerines savybes. Pakuotė gali prarasti struktūriškumą, netinkamai apsaugoti produktą bei įsisavinta drėgmė gali pažeisti ir patį gaminį. Todėl ji nebegalėtų atlikti vienos iš pagrindinių savo funkcijų – apsaugoti produktą. Taip pat svarbu atkreipti dėmesį koks produktas ir kiek laiko turės kontaktą su pakuote. Kartoninės pakuotės naudojamos trumpą laiką barjerinės savybės neturi būti labai efektingos nei lyginant su ilgalaikio vartojimo pakuote (Rieki 2019).

Vidiniai veiksniai būtų – kartono sudėtis, jo storis ir gramatūra. Skirtingos gamybos ypatybės turi įtakos įvairioms barjerinėms savybėms, kurias galima pritaikyti skirtingoms gaminių grupėms. Formuojant popieriaus juostą, plaušelius stengiamasi orientuoti skirtingomis kryptimis, siekiant pagerinti kartono stiprumą ir standumą. Tačiau dėl susipynusių plaušų tinklo, kartonas įgauna porėtą struktūrą. Ši savybė turi neigiamą poveikį barjerinėms savybėms, nes oras ir kitos dujos gali lengvai įsiskverbti į kartoną. O deguonis ir kitos dujos ankstina įvairių produktų degradacijos procesą. Taip pat kartonas yra hidroskopinė medžiaga.

Paviršiaus padengimas gali sumažinti skysčių įsiskverbimą į medžiagą bei pagerinti spausdinimo kokybę. Siekiant efektyviausiai pagerinti kartono barjerines savybes yra atliekami įvairūs tyrimai su specialiomis dangomis. Tyrimų pavyzdžiai:

- Kanados universitete atliktas tyrimas su nanoceliuliozės ir polipropileno organine danga. Tyrimas parodė, kad ši danga pagerina paviršiaus hidrofobiškumą savybes. Dėl susidariusio tankaus paviršiaus tinklo sumažėjo dujų ir įvairių mikroorganizmų pralaidumas. Eksperimentas parodė, kad dengto kartono pakuotėje daržovės išsilaiko ilgiau šviežios nei nedengto kartono dėžėje (Bideau, Lorange, Daneault 2018)
- Prancūzijoje grupė mokslininkų atliko tyrimą, kurio metu analizuojamos kartono savybės, paviršių dengiant MFC danga. Tyrimas parodė, kad danga nėra tinkama maisto produktų pakuotėms gaminti, dėl minimalių barjerinių savybių pokyčio. Danga neturėjo įtakos oro pralaidumui. Atsparumo riebalams rodiklis padidėjo iki 2,5, tačiau tai yra nepakankama vertė kalbant apie maistui skirtas pakuotes. Dėl minimalių pokyčių bus tobulinama dangos sudėtis bei kitos ypatybės (Lavoine, Bras, Desloges 2013)

Kartonas yra daugiasluoksnė struktūra. Savybės gali priklausyti nuo pasirinktos plaušienos. Kartonas, pagamintas iš mechaninės plaušienos, įgauna aukštą dažų sugeriamumo lygį. Tokia savybė gali turėti įtakos drėgmės įsisavinimui iš aplinkos. O naudojant cheminę plaušieną galima suformuoti lygesnį kartono paviršių bei kartonas pagamintas iš šios plaušienos yra stipresnis.

3. Tyrimo metodika

Tyrimas buvo atliekamas su skirtingais kartonų bandiniais bei maisto produktais, kurie naudojami kartonų barjerinėms savybėms tirti. Bandiniai tiriami skirtingose terpėse – natūralioje aplinkoje, šiltoje ir šaltoje aplinkoje. Tyrimo metu dėmesys buvo kreipiamas į atsirandančius defektus ant kartono, susidariusios dėmės dydį bei laiką, kuriuo metu yra pažeidžiamos kartono barjerinės savybės. Tyrimo tikslas – išsiaiškinti, kuris kartono tipas yra tinkamas įvairiems maisto produktams laikyti bei kokią įtaką barjerinėms savybėms daro aplinkos pokyčiai.

3.1. Kartonas

Tyrimui atlikti buvo pasirinkti 35 kartono pavyzdžiai, kurie yra naudojami maisto produktų pakuotėms gaminti. Kartonai skiriasi savo sudėtimi, storiu bei gramatūra. Bandiniai paruošiami kvadrato formos, kurių matmenys 35x35 mm. Natūralioje aplinkoje buvo tiriami po 4 bandinius kiekvieno kartono, o šaltoje ir šiltoje aplinkoje – po 3 bandinius. 1 lentelėje pateikiami kartonų pavyzdžiai.

1 lentelė. Tiriamieji kartonai ir jų pagrindinės charakteristikos.

Eil.nr.	Kartono pavadinimas	Pagrindinės charakteristikos	Sluoksnių sudėtis
1.	Pureboard	Gramatūra 263 g/m ² . Storis 360 μm.	SBB tipo kartonas.
2.	Aegle white	Gramatūra 220, 450 g/m ² . Storis 325, 800 μm.	FBF tipo kartonas, GC1.
3.	Kromopak	Gramatūra 230, 375 g/m ² . Storis 377, 610 μm.	FBF su išoriniuose sluoksniuose papildomai įmaišytos PIW masės, GC2.
4.	Browncolor	Gramatūra 215, 280 g/m ² . Storis 340, 512 μm.	Gaminamas iš nepanaudotos PIW masės ir į vidurinį sluoksnį papildomai įmaišant mechaninės plaušienos.
5.	Multicolor Mirabell	Gramatūra 350, 400, 450 g/m ² . Storis 490, 565, 625 μm.	Gamybai naudojama PCW ir PIW masės.
6.	Excellent Top Brown	Gramatūra 290 g/m ² . Storis 575 μm.	FBF tipo kartonas.
7.	Ensocoat	Gramatūra 210, 275 g/m ² . Storis 230, 330 μm.	SBS tipo kartonas.
8.	Ensocoat 2S	Gramatūra 270, 300 g/m ² .	SBS tipo kartonas.

		Storis 290, 330 µm.	
9.	Tamfold	Gramatūra 190, 230, 275 g/m². Storis 350, 440, 540 µm.	FBF tipo kartonas, GC2.
10.	CKB	Gramatūra 220, 290, 350, 380 g/m². Storis 360, 490, 600, 665 µm.	Gaminamas iš balintos ir nebalintos cheminės plaušienos bei CTMP plaušienos.
11.	„Metsa Board“ įmonės kartonai*	Gramatūra 220, 220, 235, 235, 245, 255, 270, 280, 290, 310 g/m². Storis 280, 315, 330, 360, 455, 435, 425, 450, 550, 325 µm.	Visi nagrinėti kartonai yra FBB tipo. Skiriasi jų storiai ir gramatūros bei paviršiaus dangos.
12.	Performa Alto	Gramatūra 220, 260, 300 g/m². Storis 260, 365, 430 µm.	FBF tipo kartonas, GC1.

*Šios įmonės gaminami kartonai: „Simcote“, „Avanta Prima“, „Carta Dedic Firm“, „Carta Dedic Fresh“, „Carta Dedic Fine“, „Carta Integra“, „Carta Solida“, „Carta Dedic Fast“, „Carta Allura“, „Carta Elegia“.

3.2. Riebios konsistencijos medžiagos

Kontaktui su kartonais pasirinktos skirtingo riebumo medžiagos. Kartonų drėgmės ir riebalų barjerinėms savybėms tirti buvo pasirinkti šie maisto produktai:

- **pomidorų padažas** (pomidorų padažas yra takus gaminyje ir jo riebumo lygis siekia apie 20 %);
- **grietinė** (produkto riebumas siekia 40 %);
- **majonezas** (tai klampiausia ir riebiausia tyrime naudojama medžiaga ir šio produkto riebumo lygis siekia 60 %).

Šios medžiagos pasirinktos dėl greitesnės reakcijos su turimais kartonais bei aiškiai identifikuojamų defektų. Tyrimui naudojamos medžiagos kiekis buvo 1 ml. Medžiagos ant kartonų uždedamos medicininiu švirkštu, išlaikant vienodą medžiagos kiekį visuose bandiniuose.

4. Tyrimo parametrai

Kartonai buvo tiriami skirtingose terpėse – natūralioje aplinkoje, kurios temperatūra siekia 22 °C, šaltoje (-16 °C) ir šiltoje (37 °C) aplinkoje. Tyrimas skirtingose terpėse leidžia atskleisti kartonų universalumą bei terpę, kurioje kartonas yra tinkamesnis lyginant su kitom terpėmis.

Kiekvienoje terpėje kartonai buvo laikomi 12 valandų ir rezultatai žymimi tam tikrais nustatytais intervalais. Rezultatų fiksavimo intervalai būtų: 15 minučių, 30 minučių, 1 valanda, 1,5 valandos ir 2 valandos. Kiekviename etape buvo žymima, kurių kartonų atsparumas riebumui ir drėgmei buvo pažeistas, tai yra ar atsirado dėmė ar ne. Taip pat buvo kreipiamas dėmesys į kitus atsirandančius pakeitimus, pavyzdžiui, bandinio išsikraipymas, sušlapusios vietos, viso tyrimo eigoje.

Dėmės atsiradimas ar jos nebuvimas bus žymimas skaitinėmis vertėmis. Ant bandinio atsiradus dėmei, jos didžiausia vieta buvo išmatuojama ir rezultatas išreiškiamas centimetrais, o jei dėmės nebūtų – rezultatas įvertinamas nuliui. Tokiu būdu mažiausia galima vertė būtų nulis, o didžiausia – 5 centimetrai (kvadratinio bandinio įstrižainės dydis siekia 5 cm, tai reikėtų, kad dėmė padengė visą bandinį).

5. Rezultatai

Tyrimas buvo atliekamas trijose skirtingose aplinkose – kambario temperatūros (22 °C), šaltoje (-16 °C) ir šiltoje (37 °C) aplinkoje. Pasirinktos skirtingos aplinkos siekiant pastebėti temperatūros poveikį kartonų barjerinėms savybėms, kaip greitai ar lėtai atsiranda poveikis kartono išvaizdai. Tyrimas atliktas visose aplinkose, gauti rezultatai susisteminti ir išvesti vidurkiai, kuriais remiantis buvo pateikiami grafikai ir lentelės, pagal kuriuos suformuluoti pastebėjimai ir išvados.

Atlikus tyrimą buvo pastebėti bendri visoms terpėms būdingi defekta. Be vieno iš pagrindinių defektų – dėmės atsiradimo – ant bandinių pastebėti ir kiti defektai.

Kiti tyrimo metu pastebėti defektai:

- Kartono bandinys išsilenkė (kampai išsiritę į viršų/ į apačią).
- Atsiranda maži taškeliai, kurie nesuformuoja vientisos dėmės.
- Atsiranda dėmė prie tyrimui naudojamos medžiagos (grietinės, pomidorų padažo, majonezo).
- Kartonas sušlampa, tačiau dėmės nepalieka.

- Skirtingų formų dėmės – apskrita dėmė, apskrita dėmė su nelygiais kraštais, tuščiaviduris apskritimas, nestandartinės formos dėmė. (3 pav.)



3 pav. Tyrimo metu susiformavusių dėmių pavyzdžiai

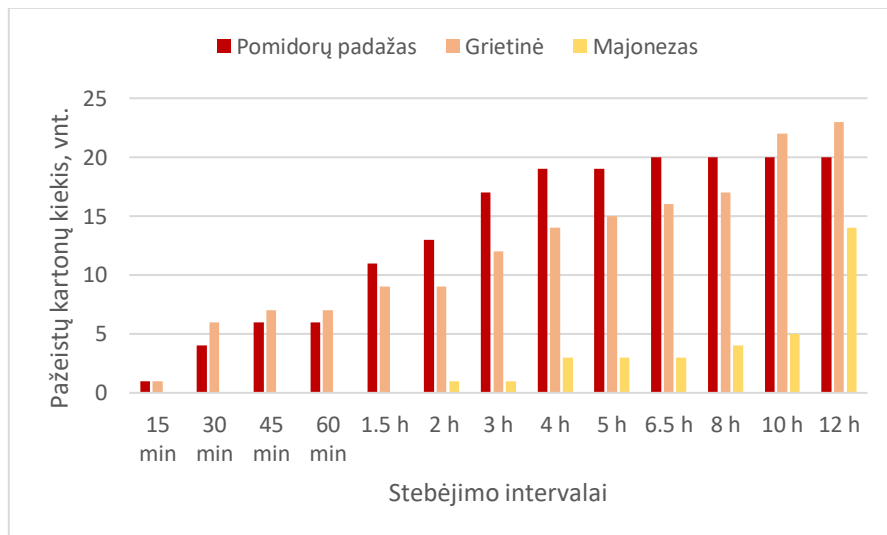
5.1. Natūralioje aplinkoje

Šiame tyrimo etape bandiniai laikomi kambario temperatūros aplinkoje. Tyrimui naudotos medžiagos – pomidorų padažas, majonezas, grietinė. Apie 55 % visų bandinių barjerinės savybės buvo pažeistos ir atsirado įvairaus dydžio ir formos dėmių.

Pažeistų bandinių kiekis tam tikrais laiko intervalais tiriant kartonus su pomidorų padažu ir grietine, yra ganėtinai panašus: intensyvaus pažeistų bandinių padidėjimo nesimato, duomenys kinta nuosekliai bei pirmieji pažeisti kartono bandiniai atsiranda praėjus 15 minučių nuo tyrimo pradžios. Daugeliu atvejų bandiniai labiausiai buvo paveikiami jiems kontaktuojant su grietine, dėmės pradėdavo rasti greičiausiai ir išplisdavo daugiausiai. Didžiausios dėmės dydis siekia 4,4 cm. Taip pat, tiriant kartonus su grietine, buvo pastebėta, kad per laiką atsiradusi dėmė blanksta ir pradeda ryškėti antroji – mažesnė dėmė. To nebuvo pastebėta tiriant su kitomis medžiagomis, todėl buvo kreipiamas dėmesys, ar toks reiškinys atsiranda ir tiriant kitose terpėse.

Kartonus tiriant majonezu buvo pažeista mažiausiai bandinių lyginant su kitomis medžiagomis. Bandiniams kontaktuojant su majonezu buvo pažeista tik 44 % visų bandinių, kai tuo tarpu tiriant pomidorų padažu – 55 %, o grietine – 68 %. Taip pat bandiniams kontaktuojant su šia medžiaga dėmės pradėjo formuotis vėliau. Pirmieji pažeisti bandiniai pastebimi tik praėjus 2 valandoms (4 pav.). Nors kartonas yra porėta medžiaga, tačiau dėl majonezo klampumo medžiagai sunkiau prasiskverbti pro kartono sluoksnius. Todėl dėmės pradeda formuotis vėliau.

Šiame tyrimo etape paanalizuota storio ir sudėties įtaka barjerinių savybių kaitai. Lyginamų kartonų gramatūros buvo vienodos, o skirėsi jų storis bei sudėtys. Pastebėta, jog esant storesniam kartonui atsparumas drėgmei ir riebalams yra geresnis. Dėmės pradeda formuotis vėliau ir esant storesniam kartonui jos mažiau išplinta. Taip pat geriau savybes išlaikė tie kartonai, kurių paviršiai buvo dengti dvisluoksne danga.



4 pav. Histograma, atvaizduojanti pažeistų bandinių kiekį tam tikru laiko momentu

5.2. Šaltoje aplinkoje

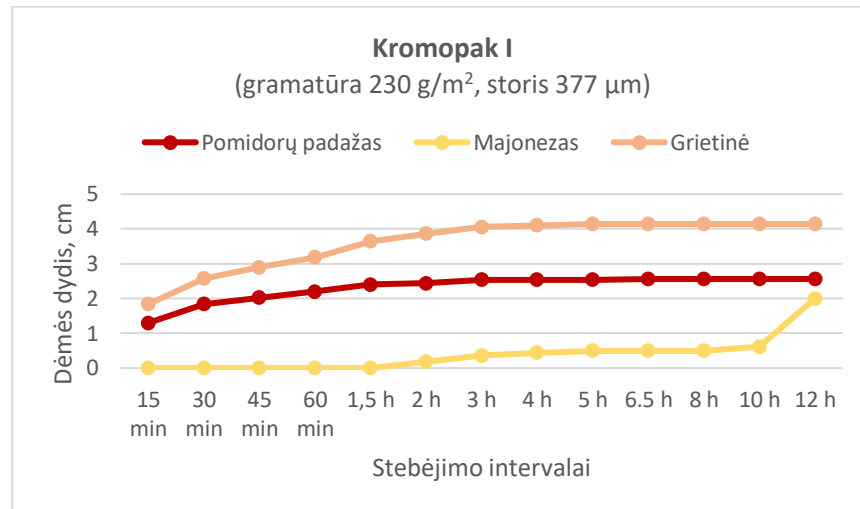
Šiame tyrimo etape bandiniai yra laikomi šaltoje aplinkoje. Joje temperatūra siekia -16 laipsnių, o tiriama su tomis pačiomis medžiagomis – pomidorų padažu ir grietine. Tyrimo metu tik labai maža bandinių dalis buvo sugadinti. Pažeistų kartonų kiekis tesiekia 3 bandinius (iš viso 35 bandiniai), tiriant tiek su pomidorų padažu, tiek su grietine.

Pažeistieji kartono bandiniai:

- „Kromopak“ I – gramatūra 230 g/m², storis 377 µm (5 pav.).
- „Kromopak“ II – gramatūra 375 g/m², storis 610 µm.
- „Multicolor Mirabell“ I – gramatūra 350 g/m², storis 490 µm.

Pirmosios dėmės pradeda formotis praėjus 15–30 minučių nuo tyrimo pradžios. Praėjus 1,5 valandos pažeistų bandinių dėmės nustoja didėti. Labiausiai išsiplėtusios dėmės dydis svyruoja nuo 2,2–2,5 cm ir kitokių, nei pastebėtų natūralioje aplinkoje, defektų neaptikta.

Dėl žemos temperatūros, medžiagos prasiskverbimas pro kartoną sumažėja. Todėl didžioji dalis kartonų liko be defektų viso tyrimo metu. O tiems kartonams, kuriems atsirado dėmės, jos susiformavo mažesnės nei tiriant natūralioje aplinkoje. Tai reiškia, kad šaltis pristabdo medžiagos sklidimą ir kartonas yra sugadinamas mažiau.



5 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Kromopak“ I kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

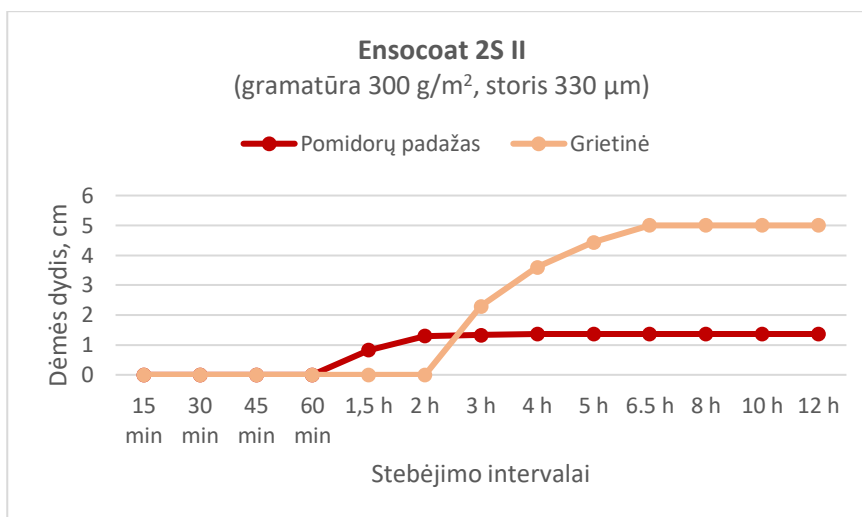
5.3. Šiltoje aplinkoje

Tyrimas atliekamas šiltoje terpėje, kurioje aplinkos temperatūra yra palaikoma +37 °C. Nustatyta ganėtinai ekstremali temperatūra, tačiau tuo buvo siekiama palaikyti didesnę temperatūrų skirtumą tarp natūralioje aplinkoje buvusios temperatūros.

Daugelis defektų išliko tokie patys kaip ir tiriant bandinius natūralioje bei šaltoje aplinkoje. Tačiau kartonams kontaktuojant su grietine po ilgesnio laiko išsiskirdavo papildomas skystis, kuris suformuodavo pavienes dėmes arba visiškai padengdavo bandinį. Dėl šio reiškinio susiformavusios dėmės yra didžiausios viso tyrimo metu ir siekia 5 cm.

Šiame tyrimo etape pastebimas ryškus skirtumas tarp bendro pažeistų bandinių skaičiaus, tiriant skirtingomis medžiagomis. Bandiniams kontaktuojant su grietine ilgesnį laiką, dėl šilumos, išsiskyrė papildomas skystis. Tai įvyko tarp 2 ir 3 valandos (6 pav.). Dėl atsiradusio perteklinio skysčio, tyrimui einant į pabaigą, visi bandiniai buvo pažeisti.

Tiriant bandinius su pomidorų padažu, duomenų kitimas matomas nuoseklesnis. Visų tyrimo metu sugadintų bandinių skaičius yra nedidelis, nes tyrimui naudota medžiaga, neturėjo padidintos reakcijos į šilumą, o dėl aukštos temperatūros medžiagoje esanti drėgmė greitai išgaravo. Todėl dėmės gavosi mažesnės nei tiriant kartonus su grietine. Didžiausios dėmės dydis siekia 2,1 cm.



6 pav. Dėmės plėtimasis kartonui „Ensocoat 2S“ II kontaktuojant su skirtingomis medžiagomis

Šiame tyrimo etape paanalizuota gramatūros ir sudėties įtaka barjerinių savybių kaitai. Lyginamų kartonų storiai buvo vienodi, o skyrėsi jų gramatūros bei sudėtys. Pastebėta, kad didėjant gramatūrai dėmės pradeda formuotis vėliau, o dėmės plitimas yra nuoseklesnis. Medžiagos prasiskverbimas į kartoną yra lėtesnis ir dėmė pasimato vėliau dėl tankesnės popieriaus struktūros. Nepaisant struktūros tankumo bei paviršių dangos, dėmės susiformavo ganėtinai panašaus dydžio visuose nagrinėjamuose pavyzdžiuose. Taigi, galima teikti, kad kartono gramatūra turi įtakos laikui, per kurį medžiaga prasiskverbia per kartono sluoksnius, o ne dėmės dydžiui. Taip pat, analizuojant vienodo storio kartonus pastebėta, kad geresnius rezultatus parodė tie kartonai, kurie dengti dviguba danga.

6. Išvados

Atlikus kartonų barjerinių savybių tyrimą skirtingose terpėse, gauti šie pagrindiniai rezultatai:

- Aukšta temperatūra silpnina kartonų barjerines savybes. Esant aukštai temperatūrai, riebesnės medžiagos gali intensyviau skverbtis į kartoną.
- Geriausiai barjerinės savybės išsilaikė kartonams esant šaltoje aplinkoje. Galima teigti, kad visi tirti kartonų bandiniai yra tinkami naudoti šaltoje aplinkoje. Tačiau dedami produktai turėtų būti ne per riebiūs ar ne per takūs, nes net ir žemoje temperatūroje kartonų barjeras buvo greitai pažeidžiamas (po 15–30 minučių nuo medžiagos kontakto su medžiaga).
- Medžiagos, kurių sudėtyje yra daugiau drėgmės ir jos yra takesnės, pavyzdžiui, pomidorų padažas, kartonus labiau pažeidžia natūraliomis sąlygomis, nes didėjant temperatūrai greičiau išgaruoja drėgmė ir nebėra pažeidžiamas bandinys.
- Didinant kartonų storį bei gramatūrą, gerėja barjerinės savybės. Dėmės pradeda atsirasti vėliau ir jos susiformuoja mažesnės.
- Kartonai, kurių paviršiai yra pagerinti dvisluoksne ar storesne danga, geriau išlaiko barjerines savybes – dėmės susiformuoja vėliau arba dėmės visai nesusidaro.

Šaltiniai

- Bideau, B.; Loranger E.; Daneault, C. 2018 *Nanocellulose-polypyrrole-coated paperboard for food packaging*, in Progress in organic coatings. 128–133 p.
- Europos Parlamentas, Europos Taryba, 2019. Direktyva (ES) 2019/904 dėl tam tikrų plastikinių gaminių poveikio aplinkai pažinimo [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-14]. Prieiga per internetą: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex:32019L0904>>
- *Food packaging technology*, 2003. Blackwell publishing Ltd, 241–281 p.
- Lavoine, N.; Bras, J.; Desloges, I. 2013. *Mechanical and barrier properties of cardboard and 3D packaging coated with microfibrillated cellulose*, in Applied polymer science. Prancūzija.
- Manktelow, K. 2019. *How grease resistant packaging solves greasy food issues* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per internetą: <<https://chapeltonboard.com/blog/grease-resistant-packaging/>>
- Ostlund, S. *Paper and paperboard based packaging* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-27]. Prieiga per internetą: <https://www.kth.se/polopoly_fs/1.218112!/Menu/general/column-content/attachment/F2.pdf>

- Rieki A. 2019. *Oil and grease resistant paperboard – factors affecting barrier properties and an evaluation of the test methods*. Suomija: Temperės universitetas.
- Sonmez, S.; Ozden, O. 2018. *Barrier properties of paper and cardboard*, in Academic researches in architecture, engineering planning and design. Turkija. 171–183 p.
- Tarptautinė įmonė „Sappi“. 2012. *Wood, pulp and paper* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.slideshare.net/SappiHouston/basics-of-wood-pulp-and-paper-november-2012>>