



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för molekylära vetenskaper

Biobaserade barriärmaterial

– Källor, materialegenskaper och användningsområden

Bio-based barrier materials

– Sources, material properties and applications

Lovisa Nilsson

Självständigt arbete • 15 hp

Agronomprogrammet - Livsmedel
Molekylära vetenskaper, 2018:23
Uppsala, 2018

Biobaserade barriärmaterial – Källor, materialegenskaper och användningsområden

Bio-based materials – Sources, material properties and applications

Lovisa Nilsson

Handledare:	Kristine Koch, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för molekylära vetenskaper
Examinator:	Jana Pickova, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för molekylära vetenskaper
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - kandidatarbete
Kurskod:	EX0669
Program/utbildning:	Agronomprogrammet - Livsmedel
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2018
Serietitel:	Molekylära vetenskaper
Delnummer i serien:	2018:23
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	Biobaserad plast; Livsmedelsförpackningar, Barriäregenskaper; Funktionella barriärer, Polysackarider.

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för molekylära vetenskaper

Sammanfattning

Plast är ett begrepp som innefattar flertalet material och de används inom många områden. Konventionell plast baseras på fossila resurser vilket är en icke-förnyelsebar källa och problematik som lyfts fram med konventionell plast är kolavtrycket och det avfall som plastindustrin bidrar till.

Bioplast är ett begrepp som innefattar alla plastmaterial som är biobaserade och/eller biologiskt nedbrytbara. Bioplasten produceras i en väldigt låg utsträckning idag och 2015 så stod bioplasten för mindre än en procent av världsproduktionen av plast.

Livsmedelsförpackningar utgörs främst av kombinationsmaterial. Den funktionella barriären är materialet, eller materialen, som skiljer livsmedlet från andra delar av förpackningen som kan migrera ämnen till livsmedlet till en oacceptabel nivå.

En litteraturstudie har genomförts med syftet att undersöka biobaserade barriärmaterial från polysackaridkällor. Fokuset har varit på dess materialegenskaper som barriärmaterial.

Materialegenskaper som är viktiga för barriärmaterial är elasticitet, permeabilitet av gaser som syre, koldioxid och etylen, och fuktbarriären. Dessa egenskaper påverkar hållbarheten hos livsmedlet och hjälper till att bevara näringsinnehåll, textur, smak och lukt.

En indelning av biologiskt nedbrytbara polymerer kan göras genom att dela upp dem i fyra grupp beroende på ursprung till materialet. Grupperna är biomassa, mikroorganismer, bioteknologi och petrokemiska produkter. Eftersom petrokemiska produkter inte kommer från en förnyelsebar källa så ingick de inte i studien. Från de tre övriga grupperna identifierades fem ursprungskällor; stärkelse, cellulosa, kitosan, polyhydroxyalkanoates (PHAs) och polylaktid (PLA).

De olika ursprungskällorna som undersökts producerar material med olika barriäregenskaper, men där löslighet i vatten är ett generellt problem som lyfts fram.

Genom fortsatt utveckling av de biobaserade plasterna kan materialegenskaperna utvecklas och produktionskostnaderna minska för att göra materialet tillgängligt och användbart. Applikationsområden för dem olika materialen måste identifieras där deras egenskaper efterfrågas eller där de kan komplettera ett annat material i form av kombinationsmaterial. Den växande plastindustrin gör att kolavtrycket från plastindustrin blir större, vilket kan undvikas genom en ökning av de biobaserade plasterna.

Nyckelord: Biobaserad plast; Livsmedelsförpackning; Barriäregenskaper; Funktionella barriärer; Polysackarider.

Abstract

Plastic is a concept that includes multiple materials and it is used in many different areas. Conventional plastic is based on fossil resources which is a non-renewable source and the problem with conventional plastic is the carbon footprint and the waste that the plastic industry contributes to.

Bioplastic is a concept that includes all plastic materials that are bio-based and/or biodegradable. Bioplastics are produced to a very low extent today and in 2015 the bioplastics accounted for less than one percent of the plastic production in the world.

Food packages are primarily combination materials. The functional barrier is the material, or materials, that separate the food from other parts of the package that can migrate substances to the food at an unacceptable level.

A literature review was performed with the aim to investigating bio-based barrier materials from polysaccharide sources. The focus was on the material properties as a barrier material.

Material properties that are important for barrier materials are elasticity, permeability of gases such as oxygen, carbon dioxide and ethylene, and the moisture barrier. These properties affect the sustainability of the food product and help preserve nutritional content, texture, taste and smell.

A classification of biodegradable polymers can be done by dividing them into four groups depending on the origin of the material. The groups are biomass, microorganisms, biotechnology and petrochemicals. Since petrochemicals do not come from a renewable source, it was not included in the review. From the three other groups, five sources of origin were identified; starch, cellulose, chitosan, polyhydroxyalkanoates (PHAs) and polylactide (PLA).

The different sources of origin that are mentioned above that were investigated produce materials with different barrier properties, but solubility in water is a general problem.

By the continued development of bio-based plastics material properties can be developed, and production costs reduced to make the material available and useful. Application areas for the different materials must be identified where their properties are requested or where it can complement another material in the form of combination materials. The growing plastic industry makes the carbon footprint of the plastic industry bigger, which can be avoided by increasing the bio-based plastics.

Keywords: Bio-based plastic; Food packaging; Barrier properties; Functional barriers; Polysaccharides.

Innehållsförteckning/Table of contents

1	Inledning/Introduction	6
1.1	Bakgrund och plastanvändning	6
1.2	Bioplast	7
1.3	Funktionella barriärer	7
1.4	Lagstiftning	8
1.5	Skillnad komposterbar och biologiskt nedbrytbar	8
	1.5.1 Biologiskt nedbrytbar	9
	1.5.2 Kompostering	9
2	Syfte och frågeställning	10
3	Metod	11
4	Resultat	12
4.1	Materialegenskaper hos barriärmaterial	12
	4.1.1 Gaspermabilitet	12
	4.1.2 Fuktkbarriär	12
4.2	Indelning av biologiskt nedbrytbara polymerer	13
4.3	Stärkelse som barriärmaterial	14
4.4	Cellulosa som barriärmaterial	14
4.5	Kitosan som barriärmaterial	15
4.6	Polylaktid (PLA) som barriärmaterial	16
4.7	Polyhydroxyalkanoates (PHAs) som barriärmaterial	16
5	Diskussion	17
6	Slutsats	19
	Referenslista	20

1 Inledning/Introduction

1.1 Bakgrund och plastanvändning

Plastmaterial är en stor del av vårt vardagsliv och hittas i produkter inom allt från elektronik till jordbruk och livsmedelsförpackningar. Plast har en låg vikt, kan produceras billigt och har ett brett spektrum av egenskaper som passar inom flera olika områden (Narayan, 2011). Problematiken som lyfts fram hos plast är det kolavtryck som produktionen bidrar till och när plastprodukter blir avfall.

Plastens mångsidighet har gjort materialet till ett huvudmaterial i många områden som paketering, transport, elektronik, jordbruk och livsmedelsförpackningar. Plast är inte bara ett material, utan begreppet inkluderar hundratals material med olika egenskaper som kan baseras på biomaterial, men för närvarande produceras främst plast som är baserad på fossila resurser.

2016 producerades det 335 miljoner ton plast i världen, och 60 miljoner ton i Europa. 39,9 procent av plasten i Europa används inom paketering (*Plastics - the Facts 2017*, 2018).

Idag går ca fyra procent av världens fossila resurser till plastindustrin, men med en växande plastindustri förväntas denna andel öka till 20 procent vid 2050 (Rujnic-Sokele & Pilipovic, 2017).

Några exempel på vanliga plaster som är baserade på fossila resurser är polyetylen (PE), polypropylen (PP), polyetylen tereftalat (PET), polystyren (PS) och etylenvinylalkohol (EvOH) (van den Oever *et al.*, 2017). Dessa material produceras främst av fossila resurser men kan även produceras av biomassa och benämns då bioplaster.

1.2 Bioplast

Organisationen European bioplastics myntade begreppet bioplastic, på svenska bioplast, som inkluderar alla plastmaterial som är biobaserade och/eller biologiskt nedbrytbara. De tre huvudgrupperna är:

- Biobaserade eller delvis biobaserade plaster som inte är biologiskt nedbrytbara, exempelvis biobaserade PE, PP och PET.
- Plast som är biobaserade och biologiskt nedbrytbara, exempelvis polylaktid (PLA) och polyhydroxyalkanoates (PHAs).
- Plast som är baserad på fossila material och biologiskt nedbrytbara, exempelvis polybutylene adipate terephthalate (PBAT) (*Bioplastic materials*, 2017).

Av världspridktionen 2015 stod bioplasten för nära en procent av den plast som produceras i världen, men siffran förväntas öka till två och en halv procent till 2020 (van den Oever *et al.*, 2017).

Idag görs bioplast främst av grödor som majs, spannmål, sockerbetor, kassava och sockerrör (Bioplastics, 2016). Dessa grödor fungerar även som föda för människor och djur. Därför sker det forskning på att använda celluloserika växtdelar, exempelvis restprodukter från produktionen av dessa växter som fungerar som föda, för att kunna producera bioplast av växtdelar som inte är till för att bli föda. Arealen som används för världspridktion av biomassa för materialframställning var 2014 mycket liten, två procent, och endast 0,01 procent av landmassan används till produktionen av material till bioplast (Bioplastics, 2016).

Den främsta användningen av bioplast är idag för produktion av livsmedelsförpackningar, matserveringsartiklar, påsar och inom jordbruket (van den Oever *et al.*, 2017). Ett exempel är Tetrapacks livsmedelsförpackning *Tetra Rex Bio-based* som 2015 lanserades som den första helt biobaserade livsmedelsförpackningen (*World's first fully renewable package available globally*, 2015).

1.3 Funktionella barriärer

Idag är en stor del av livsmedelsförpackningarna gjorda av kombinationsmaterial vilket är förpackningar gjorda på fler än ett material. Förpackningarna kan bestå av kombinationer av plast, papper, kartong och/eller metall (*Guide till säkra livsmedelsförpackningar*, 2011). Dessa material ska vara separerade från produkten med en s.k. funktionell barriär, ett material som består en eller flera skikt som hindrar materialen från att migrera ämnen till produkten (*Kommissionens förordning*

(EG) nr 10/2011, 2011). Det betyder att material som inte är godkända, av den Europeiska unionen, inte får användas närmast mot produkten utan måste ha en funktionell barriär mellan materialet och produkten.

För de material som är producerade för att ingå i livsmedelskedjan som ett förpackningsmaterial för att skydda, innehålla, distribuera, transportera eller för att identifiera livsmedel finns det krav på materialets egenskaper.

För att en livsmedelsprodukt ska ha möjlighet till en lång hållbarhet så är materialegenskaperna hos dess förpackning och barriärmaterial viktiga. Plastmaterialen har varierande egenskaper med allt från låg genomsläpplighet av bl.a. gaser, aromer och vätska till andra material med hög genomsläpplighet, vilket gör materialet möjligt för olika förpackningsmöjligheter (Siracusa *et al.*, 2008).

1.4 Lagstiftning

Food contact materials, material i kontakt med livsmedel, är alla material och artiklar som kommer i kontakt med livsmedel i dess produktion, processning, lagring, tillredning och servering. I artikel EG nr 10/2011 fastställs kraven för försäljningen och tillverkningen av material och produkter av plast som har kommit i kontakt med livsmedel, där det finns en avsikt att materialet ska vara i kontakt med livsmedel eller där det rimligen kan ske en kontakt mellan livsmedlet och materialet. Det allmänna kravet på material som kommer i kontakt med livsmedel är att de, enligt EG 1935/2004, inte överför ämnen från materialet till livsmedlet, så kallad migration, i en utsträckning att det utgör en fara för hälsan hos de som äter den, förändrar sammansättningen hos livsmedlet på ett oacceptabelt sätt eller medför att smak och/eller lukt försämras. Material som kommer i kontakt med livsmedel måste även beakta förordningen EG nr 2023/2006 angående GMP, Good Manufacturing Practice, vilken fastställer att kvalitetssystem inom tillverkningen, förädlingen och distributionen krävs för alla material som kommer i kontakt med livsmedel.

Det finns specifika förordningar och direktiv för plast som återvunnits, regenererad cellulosa, keramik, aktiva och intelligenta material osv (*Material i kontakt med livsmedel*, 2018). Livsmedelsverket har huvudansvaret för att material i kontakt med mat kontrolleras, men det är upp till företaget som släpper ut sitt livsmedel på marknaden i förpackningen som ansvarar för att materialet uppfyller lagstiftningen.

1.5 Skillnad komposterbar och biologiskt nedbrytbar

Ett vanligt missförstånd angående bioplaster är det ingår i definitionen att materialet är komposterbart eller biologiskt nedbrytbart eftersom materialen består av för-

nyelsebara råvaror. Detta är felaktigt: material som är biobaserade är inte alltid nedbrytbara. Det finns även skillnader mellan om material är biologiskt nedbrytbart eller komposterbart. Dessa begrepp kan blandas ihop eller tros betyda samma sak, men bör skiljas åt.

1.5.1 Biologiskt nedbrytbar

Att ett material är biologiskt nedbrytbar innebär att materialet kan brytas ned av mikroorganismer till vatten, naturligt förekommande gaser (exempelvis koldioxid och metan) och till biomassa (van den Oever *et al.*, 2017). För att nedbrytningen ska ske så krävs en specifik miljö där nedbrytningen sker, där faktorer som temperatur, förekomst av mikroorganismer, syre och vatten reglerar nedbrytningen. Möjligheterna till nedbrytning och hastigheten på nedbrytningen kommer skilja sig var beroende på var materialet befinner sig, om det är i hemmamiljö eller industriellt.

1.5.2 Kompostering

Kompostering kan delas upp i två delar: Industriell kompostering och hemmakompostering (van den Oever *et al.*, 2017).

- Industriell kompostering sker vid en temperatur på 55-60 °C, med hög luftfuktighet och syretillgänglighet, vilket är mer optimal komposteringsmiljö än de miljöer där biologisk nedbrytning sker dagligen, som i jord, på ytvatten och i vatten.
- Vid hemmakompostering är komposteringshastigheten mer oregelbunden p.g.a. den lägre temperaturen som kan vara oregelbunden och den lilla mängd av material som ska komposteras.

2 Syfte och frågeställning

Studiens syfte var att få en inblick i vilka biobaserade barriärmaterial som finns, där det avgränsades till biobaserade barriärmaterial av polysackarider med olika ursprung.

Det undersöktes genom studier av relevant litteratur vilka materialegenskaper som de biobaserade barriärmaterialen består av och vilka materialegenskaper som är önskvärda för barriärmaterial i allmänhet. Dessutom undersöktes det hur barriäregenskaperna påverkade produkter som förpackas i materialen och hur användningsområdena skiljer sig åt mellan materialen från de olika ursprungskällorna?

3 Metod

En litteraturstudie har gjorts och information har samlats för olika syften. Grundläggande information har hittats på myndighetssidor, den svenska myndigheten Livsmedelsverket och europeiska myndighetssidan som *European Food Safety Authority* (EFSA). Sedan har branschorganisationerna *European Bioplastic* och *PlasticEurope* varit källor till mycket av den grundläggande fakta.

Databaser som använts för informationssök har varit *Web of Science*, *Pubmed* och *Google scholar*. Där har information söktes och artiklar har bedömts efter årtal, vilken typ av källa det är, var den publicerats, vad den innehåller och relevans för studien. Sökord som använts i databaserna har varit: *Barrier properties*, *biobased*, *biodegradable*, *bioplastic*, *cellulose*, *chitosan*, *food packaging*, *starch*.

En bok (*BIOPOLYMERS – New Materials for Sustainable Films and Coatings*, 2011) har varit en källa som genomsyrat resultatet av studien och som har varit viktig i valet av polysackaridkällor för arbetet. Boken publicerades 2011 men har ansetts vara en uppdaterad källa för basinformation till studien. Källorna som angivits har främst varit ursprungskällan som boken angivit, men i vissa fall har kapitlets författare angivits då bokens källangivelse varit bristfällig.

Avgränsning:

I studien undersöktes fem olika ursprungskällor till biobaserade material och vad för barriäregenskaper materialens ursprungskälla medför till barriären. Denna avgränsning gör att fokus på produktionen och de metoderna som används i produktionen inte ingår i studien.

4 Resultat

4.1 Materialegenskaper hos barriärmaterial

Beroende på vad ett material ska användas till så skiftar det vilka egenskaper som efterfrågas. Hos barriärmaterial för livsmedel, som filmer och folier, så är elasticiteten hos materialet viktigt. Genomsläpligheten, även kallad permeabiliteten, hos barriärmaterial är viktigt för att skydda livsmedlet från fukt, gaser och andra substanser som kan förstöra eller förkorta hållbarheten (Koch, 2017).

4.1.1 Gaspermabilitet

Syrgas, koldioxid och etylen är exempel på gaser som regleras med barriärmaterial (Arvanitoyannis, 1999). Syrgas är delaktig i nedbrytningen av näringsinnehåll genom oxidation av vitaminer, aromer, pigment, fetter och proteiner. Även mikrobiell tillväxt, mognandeprocessen hos färska grönsaker och frukter, och mognandeprocessen hos fermenterade ostar påverkas av syre. För att få en permeabilitet som fungerar bäst för livsmedlet får material väljas med önskad permeabilitet. Hur materialet står emot permeabilitet av koldioxid är främst viktig för kolsyrade drycker. Koldioxid fungera även som ett bakterie- och svampdödande ämne vilket gör permeabiliteten av koldioxid viktig för livsmedelssäkerheten. Permeabiliteten av aromämnen är en egenskap hos materialen som påverkar smak och lukt hos livsmedlet.

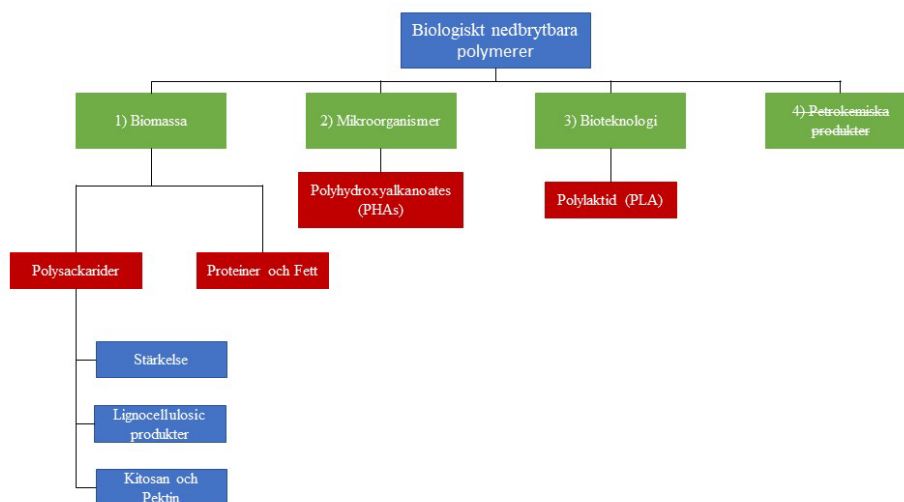
4.1.2 Fuktbarriär

Fuktbarriären är viktig för att bevara texturen hos livsmedel som mjukhet och krispighet osv, och för att kontrollera utvecklingen av aeroba oönskade mikroorg-

anismer (Arvanitoyannis, 1999). Egenskapen benämns som water vapour transmission rate (WVTR) och bestäms genom att mäta hur mycket vatten som avdunstar från en area av förpackningsmaterialet under en viss tidsperiod. Ytterligare en enhet för bestämmandet av detta är water vapour permeability (WVP) som även inkluderar materialets tjocklek.

4.2 Indelning av biologiskt nedbrytbara polymerer

En indelning av biologiskt nedbrytbara polymerer kan göras genom att dela upp materialen i fyra grupper beroende hur syntes sker (John & Thomas, 2008). Grupperna är produkter från 1) Biomassa, 2) Mikroorganismer, 3) Bioteknologi och 4) Petrokemiska produkter. Grupperna 1-3 innefattar polymerer som kommer från förnybara källor, medan grupp 4 kommer från icke-förnyelsebara källor och därför utesluts ur studien och även ur figur 1.



Figur 1. Illustration över uppdelning av biologiskt nedbrytbara polymerer (Illustration: Lovisa Nilsson, modifierad från John & Thomas (2008))

Grupp nummer 1 är polysackarider, proteiner och fett som kommer i form av biomassa från jordbrukssektorn (Khan *et al.*, 2014). I denna studie har inte protein- och fettkällor ingått, men tre stora källor av polysackarider har undersökts: stärkelse, cellulosa och kitosan. Från grupp nummer 2, material som syntetiseras från mikroorganismer, har polyhydroxyalkanoates (PHAs) undersökts och från grupp nummer 3, material som syntetiseras genom bioteknologi, så har polylaktid (PLA) undersökts. Material från petrokemiska produkter, grupp 4, har inte inkluderats i studien då avgränsningen utesluter gruppen.

4.3 Stärkelse som barriärmaterial

Stärkelse är en polysackarid som består av huvudkomponenterna amylopektin och amylos som bildar helixformade homopolysackarider (Campos *et al.*, 2011). Stärkelse är ett förnybart material som är billigt och finns tillgängligt naturligt i stora kvantiteter. Stärkelse och modifierad stärkelse används inom livsmedelsindustrin för att förändra fysiska egenskaper hos livsmedel, exempelvis textur, viskositet och gelbildning.

Amylos är en linjär polymer som har goda filmbildande egenskaper och som ger starka, lukt- och smaklösa, och genomskinliga filmer med en mycket låg syrepermeabilitet, vilket gör den till en bra barriär mot syre (Koch, 2017). Amylopektin däremot är en förgrenad polymer och de korta kedjorna hos amylopektin är de komponenter som bildar kristalliseringen av stärkelse, vilket betyder att en mer kristallin produkt uppstår vid hög koncentration av amylopektin (Cheetham & Tao, 1998). För att tillverka en film av stärkelse krävs det att en homogen lösning skapas genom en irreversibel gelatiniseringsprocess av stärkelsen (Zhong *et al.*, 2009).

Kommersiella stärkelsebaserade plaster är blandningar av stärkelse och komposterbara polyestrar, exempelvis PLA, och även mjukgöringsmedel och kompatibiliseringsmedel. Blandningen av de olika materialen krävs för att förbättra barriärens vattentåligheten, ge bättre egenskaper vid tillverkningen och bättre mekaniska egenskaper till slutprodukten (van den Oever *et al.*, 2017).

Stärkelsefilmer kan fungera som coating, vilket i denna studie kommer översättas till ordet beläggning, i form av tunna filmer på ett annat material för att förbättra barriärens egenskaper, exempelvis en låga syrebarriären, eller direkt på livsmedel som en ätbar beläggning (Koch, 2017). Vanligtvis när plast är stärkelsebaserad består den till mindre än 50 procent av stärkelse och materialets egenskaper bygger främst på de andra komponenternas egenskaper (van den Oever *et al.*, 2017). Stärkelsebaserad plast kan användas där nedbrytbarheten är önskvärd, exempelvis inom jordbruket som marktäckande väv eller som soppåsar för komposterbart avfall. Ofta är stärkelsebaserade plaster komposterbara i jord och i vatten, dock är det självklart beroende på blandningen i materialet. Stärkelsebaserade plaster är inte alltid godkända som *food contact material* eftersom det finns en risk för migration från materialet till livsmedlet. När stärkelsebaserade filmer appliceras på livsmedel kombineras det ofta med cellofan eller PLA.

4.4 Cellulosa som barriärmaterial

Cellulosa är en linjär homopolysackarid som har varit och är en viktig källa till energi, byggnationer, kläder och pappersindustrin där cellulosan hittas (Belgacem & Gandini, 2011).

Användningen av cellulosa inom industrin har pågått länge men med hjälp av nanotekniken har cellulosaanvändningen till exempelvis filmer för livsmedelsförpackningar utvecklats (Azizi Samir *et al.*, 2005). Cellulosan för filmer kan isoleras antingen från växter, lignocellulosic vegetable structures, eller nano-filament som produceras av vissa bakterier (Khan *et al.*, 2014). Den bit av cellulosan som isoleras är s.k. nanocellulosa vilket blir cellulosaplaster som består av fibrer i nanostorlek och det är fibrernas struktur som ger slutproduktens speciella egenskaper eller förbättrar andra material om den fungerar som en tillsats.

Nanocellulosan processas kemiskt för att sedan bli fibrer, filmer och membran. Cellulosafilmer har fördelaktiga egenskaper som genomsläpplighet av fukt, en låg syrepermeabilitet och goda mekaniska egenskaper i form av bl.a. värmestabilitet.

4.5 Kitosan som barriärmaterial

Kitin är en linjär polymer som är starkt acetylerad och olöslig i vatten (Ummartyotin & Pechyen, 2016). Kitin liknar cellulosa och kan hittas i kräddjurs exoskelett eller i cellväggen hos svampar, insekter och jäst (Arvanitoyannis *et al.*, 1998). Kitin har en liknande roll som cellulosa i cellväggarna genom att agera stödjande och skyddande för cellen. Kitosan är ett derivat från kitin genom deacetylering.

Kitin finns i restprodukter från livsmedelsproduktionen av kräddjur och både kitin och kitosan kan användas vid klarning och rening av vatten och drycker, inom läkemedelsindustrin och inom kosmetika, men även inom lantbruket, livsmedels- och bioteknologiska sektorn (Knorr, 1991). Det finns flertalet olika former som kitin och kitosan kan processas till, geler, membran, kapslar, fibrer, svamp och flingor, vilket gör att potentialen för vad ämnena kan användas till är mycket stor.

Kitosanfilmer har vid vissa produktionsframställningar antibakteriella egenskaper vilket har bevisats när det applicerats på olika livsmedel som bröd, mjölk och jordgubbar bl.a. (Chung *et al.*, 2004). Dessa antibakteriella egenskaper tros bero på att katjoner finns längs med polymeren och dessa påverkar bakteriernas metabolism (Ummartyotin & Pechyen, 2016). Problemet med kitosanfilmer är att de är lösliga i vatten, där känsligheten skiftar beroende på molekylvikt, vilken behandling filmen genomgått och förvaringsmiljö (Fernandez-Saiz & Lagaron, 2011). Det har gjorts försök där värmebehandling har genomförts och visat på en starkare film med reducerad löslighet i vätska, eller så kan kitosan blandas med material som inte är lösligt i vatten.

4.6 Polylaktid (PLA) som barriärmaterial

Polylaktid, som går under förkortningen PLA, är ett biobaserat material som används inom förpackningsindustrin och är godkänd för direktkontakt med livsmedel (van den Oever *et al.*, 2017).

PLA är en polyester som är en produkt från mjölksyrans anaeroba fermentering av olika kolkällor som glukos och laktos (Ummartyotin & Pechyen, 2016). En fördel med detta är att billiga överskottsrester i form av förnyelsebart råmaterial som rester från spannmålsodlingar och odlingar av sockerrör och betor kan användas som energikälla till mjölksyrornas fermentering.

PLA är i hög grad industriellt komposterbar och bildar en transparent, styv, glansig film och en bra barriär mot aromatiska gaser (van den Oever *et al.*, 2017). PLA är ett fast material och kan med sina mekaniska egenskaper jämföras med polystyren (PS) och polyetylen tereftalat (PET). PLA kombineras ofta med andra biobaserade eller bionedbrytbara polymerer för att ge fasthet och styrka till förpackningen.

PLA har en låg fuktbarriär vilket gör att den produkt som förpackas i PLA kan förlora vätska och torka ut, därför kombineras PLA ofta med andra material som har högre fuktbarriär och kan komplettera materialet.

PLA används bl.a. för tepåsar och då kan materialet komposteras med teresterna, även kaffekapslar som marknadsförs som komposterbara är ofta baserade på PLA.

4.7 Polyhydroxyalkanoates (PHAs) som barriärmaterial

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) inkluderar flertalet biopolymerer som syntetiseras av bakterier som energilagringsgranuler och intracellulärt kol, men som även kan framställas syntetiskt (Pollet & Avérous, 2011). Det finns ca 250 bakterier som identifierats som producenter till PHAs och främst så producerar de PHB. PHB är den polymer som det finns mest av bland PHAs och det fullständiga namnet är polyhydroxybutyrate homopolymer.

PHAs, som i hög utsträckning kommer från förnyelsebara källor, har blivit ett efterfrågat material i och med ett ökat intresse för hållbarhet och minskad miljöpåverkan. Dess biologiska nedbrytbarhet är den egenskap som lyfts fram som en viktig del i PHA-användningen. PHAs kan brytas ned i naturliga miljöer som jord, vatten och kompost. Bakterier i miljön kommer då använda materialet som en källa till kol.

PHAs har likheter med den konventionella plasten polypropylen (PP), och har låg vattenpermeabilitet men däremot är den mekaniska styrkan sämre med en sprödhet och stelhet, dock är detta något som kan förbättras genom blandningar med andra material och fortsatt utveckling. Även produktionskostnaderna är höga vilket gör att fortsatt forskning krävs för en framtida minskning av produktionskostnaderna.

5 Diskussion

Det finns många material som vi är beroende i dagens samhälle och polymerer som varken är nedbrytbara eller biobaserade ingår bland dessa. Dessa material används för förpackning av livsmedel, men även inom flertalet andra sektorer.

En förlängd hållbarhet hos livsmedel har varit viktig i utvecklingen av nya förpackningsmaterial där ökad import och export har varit bidragande faktorer. Med i utvecklingen av nya barriärmaterial har även förnyelsebara källor och utveckling av material som är komposterbara och biologiskt nedbrytbara varit med. Där är utvecklingen av biobaserade material en viktig del. Dock finns det faktorer som försvårar för utvecklingen av biomaterial, faktorer som höga produktionskostnader och mekaniska- och barriäregenskaper som inte kan konkurrera med konventionella barriärmaterial. Eftersom konventionell plast produceras i större utsträckning och har lägre produktionskostnad så är det svårt för bioplasterna att konkurrera med dem på marknaden. För att biobaserade material ska ha en plats på marknaden så skulle de behöva marknadsföras som ett medvetet, och kanske ett lyxigt alternativ till de konventionella alternativen och därmed legitimera de högre kostnaderna.

Lagstiftning och livsmedelsindustrin ställer krav på att förpackningsmaterial inte har negativa effekter på livsmedelsprodukterna som förpackas i materialet, och därför måste de biobaserade alternativen hålla en standard som är lik de konventionella alternativen. Detta är en stor utmaning för bioplastindustrin men idag finns det alternativa förpackningar som är gjorda helt eller delvis på biobaserat material, och 2015 lanserade Tetrapack den första helt biobaserade livsmedelsförpackningen.

Med en växande plastindustri kommer även behovet av fossila resurser till den konventionella plastindustrin att öka. Att övergå från konventionella plaster till bioplaster skulle hjälpa minska kolavtrycket vilket är viktigt ur en miljösynpunkt.

Däremot skulle ett skifte från konventionell plast till bioplast ta landområden i anspråk för att odla de material som behövs för produktionen av bioplaster. Detta kan oroa då konkurrensen om mark skulle öka mellan livsmedelsförsörjningen och produktionen av biomassa.

Avfall från plastindustrin hamnar i bl.a. marina miljöer och i mark. Dessa avfall bryts inte ner och kan hittas i de mest avlägsna platser, exempelvis på botten av Marianegraven som är världens djupaste plats på 10 898 m (*Plastpåse hittad på botten av Marianegraven*, 2018).

Biobaserade material är inte alltid nedbrytbara och det skiljer sig även mellan biologisk nedbrytning och kompostering och i fel miljö kan nedbrytningen vara ofullständig. Material skapas inte efter vilken miljö de förväntas hamna i, och det vore orimligt att förvänta sig det. Därför blir inte nedbrytningen fullständig.

Biobaserade material bör inte lyftas fram som ett alternativ som kan slängas fritt utan ska fortfarande hanteras som skräp och återvinnas därefter. Nedskräpning ska inte lösas genom att göra det socialt godkänt om materialet är nedbrytbara utan det ska lösas genom informationsspridning av nedskräpningens konsekvenser.

De polysackaridbaserade materialen är generellt vattenkänsliga p.g.a. de fria hydroxylgrupperna. Detta undersöks i forskning men också genom att blanda material med olika egenskaper i kombinationsmaterial så kan detta i förhindras.

De källor till biobaserade material som undersökts tillhandahåller barriäregenskaper, vissa som är liknande och andra som skiljer sig åt, vilket gör att materialen ska appliceras efter där dess egenskaper efterfrågas och fungerar bäst. Detta är inte något som skiljer sig från applikationen av de konventionella plastsorterna.

Användningen av nanoteknik, bioaktiva komponenter och bioaktiva polymerer i framställningen av biobaserade barriärmaterial är något som det forskas på och en fortsatt utvecklig med kombinationer av områdena och barriärmaterial skulle kunna vara med och lösa många av de problem som lyfts fram med de biobaserade materialens barriäregenskaper.

6 Slutsats

Idag så förväntas plastindustrin bara att öka. 2016 så producerades det 335 miljoner ton plast i världen och fyra procent av världens fossila resurser gick till denna produktion. År 2050 så förväntas andelen fossila resurser till plastindustrin att öka till hela 20 procent.

Bioplastindustrin ställs inför problem som höga produktionskostnader och egenskaper som inte håller samma standard som de konventionella alternativen. Barriärmaterial av bioplast måste appliceras där deras material- och barriäregenskaper är tillräckligt bra för barriärens ändamål. Genom en fortsatt utveckling av produktionen skulle det bli billigare produktionskostnader.

De fem tidigare nämnda ursprungskällorna som undersökts i studien har visat på att de biobaserade materialen också har ett spektrum av egenskaper. Kitosan som är antibakteriellt, PLA som är en bra barriär mot aromatiska gaser och stärkelse med en låg syrepermeabilitet är några exempel på det och med kunskap om material-egenskaperna så kan de appliceras där materialet gör störst nytta.

Referenslista

- Arvanitoyannis, I.S. (1999). Totally and partially biodegradable polymer blends based on natural and synthetic macromolecules: Preparation, physical properties, and potential as food packaging materials. *Journal of Macromolecular Science-Reviews in Macromolecular Chemistry and Physics* C39(2), 205-271.
- Arvanitoyannis, I.S., Nakayama, A. & Aiba, S. (1998). Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. *Carbohydrate Polymers* 37(4), 371-382.
- Azizi Samir, M.A., Alloin, F. & Dufresne, A. (2005). Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules* 6(2), 612-26.
- Belgacem, M.N. & Gandini, A. (2011). Production, Chemistry and Properties of Cellulose-Based Materials. In: Plackett, D. (Ed.) *BIOPOLYMERS - New Materials for Sustainable Films and Coatings*. pp. 151-174. Padstow, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.
- Bioplastic materials*. [online] Available from: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>. [Accessed 5/4].
- Bioplastics, E. (2016). *Biobased plastics - fostering a resource efficient circular economy*. Berlin, Tyskland: European Bioplastics.
- BIOPOLYMERS – New Materials for Sustainable Films and Coatings* (2011). Padstow, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. ISBN 9781119994312.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N. & Flores, S.K. (2011). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food and Bioprocess Technology* 4(6), 849-875.
- Cheetham, N.W.H. & Tao, L.P. (1998). Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: an X-ray powder diffraction study. *Carbohydrate Polymers* 36(4), 277-284.
- Chung, Y.C., Su, Y.P., Chen, C.C., Jia, G., Wang, H.I., Wu, J.C.G. & Lin, J.G. (2004). Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacologica Sinica* 25(7), 932-936.
- Fernandez-Saiz, P. & Lagaron, J.M. (2011). Chitosan for Film and Coating Application. In: Plackett, D. (Ed.) *BIOPOLYMERS - New Material for Sustainable Films and Coatings*. pp. 87-99. Padstow, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.
- Guide till säkra livsmedelsförpackningar* (2011). Stockholm, Sverige.
- John, M.J. & Thomas, S. (2008). Biofibers and biocomposites. *Carbohydrates polymers* 71(3), 343-364.
- Khan, A., Huq, T., Khan, R.A., Riedl, B. & Lacroix, M. (2014). Nanocellulose-based composites and bioactive agents for food packaging. *Crit Rev Food Sci Nutr* 54(2), 163-74.
- Knorr, D. (1991). RECOVERY AND UTILIZATION OF CHITIN AND CHITOSAN IN FOOD-PROCESSING WASTE MANAGEMENT. *Food Technology* 45(1), 114-&.
- Koch, K. (2017). Starch-based films. In: Sjö, M., et al. (Eds.) *Starch in food* Woodhead Publishing. ISBN 9780081008683.
- Kommissionens förordning (EG) nr 10/2011* (2011). Europeiska unionens officiella tidning: Europeiska unionen

- Material i kontakt med livsmedel.* [online] Available from:
<https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/lokaler-hantering-och-hygien/material-i-kontakt-med-livsmedel>. [Accessed 3/4].
- Narayan, R. (2011). Carbon footprint of bioplastics using biocarbon content analysis and life-cycle assessment. *Mrs Bulletin* 36(9), 716-721.
- Plastics - the Facts 2017* (2018). Bryssel, Belgien: PlasticsEurope.
- Plastpåse hittad på botten av Marianergraven.* [online] Available from:
<https://www.nyteknik.se/miljo/plastpase-hittad-pa-botten-av-marianergraven-6914317>.
 [Accessed 17/5].
- Pollet, E. & Avérous, L. (2011). Production, Chemistry and Properties of Polyhydroxyalkanoates. In: Plackett, D. (Ed.) *BIOPOLYMERS - New Materials for Sustainable Films and Coatings*. pp. 65-82. Padstow, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.
- Rujnic-Sokele, M. & Pilipovic, A. (2017). Challenges and opportunities of biodegradable plastics: A mini review. *Waste Management & Research* 35(2), 132-140.
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S. & Rosa, M.D. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology* 19(12), 634-643.
- Ummartyotin, S. & Pechyen, C. (2016). Strategies for development and implementation of bio-based materials as effective renewable resources of energy: A comprehensive review on adsorbent technology. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 62, 654-664.
- van den Oever, M., Molenveld, K., van der Zee, M. & Bos, H. (2017). Bio-Based and biodegradable plastics - Facts and Figures [Accessed 4/4-18]
- World's first fully renewable package available globally.* [online] Available from:
<https://www.tetrapak.com/about/newsarchive/worlds-first-fully-renewable-package-available-globally>. [Accessed 17/5].
- Zhong, F., Li, Y., Ibanz, A.M., Oh, M.H., McKenzie, K.S. & Shoemaker, C. (2009). The effect of rice variety and starch isolation method on the pasting and rheological properties of rice starch pastes. *Food Hydrocolloids* 23(2), 406-414.