Universiteti i Tiranës

Fakulteti i Shkencave të Natyrës

Departamenti i Kimisë

KONKURS MBI PUNËT KËRKIMORE

JSTOR

FUSHA E APLIKIMIT: Kimi

"Titulli i temës së punimit"

Zëvendësimi i plastikës së zakonshme nga plastika e gjelbër. Një hyrje në shkencën e re të plastikave.

Punoi: Xhensiana Ndreka

Master i Shkencave në "Kimi", Viti i parë

Tiranë 2021

HYRJE:

Plastikat, janë materiale të përbëra nga molekula të mëdha organike që quhen polimerë. Fjala plastikë rrjedh nga latinishtja (plasticus, "i aftë për të formuar") ose nga greqishtja (plastikos, "i përshtatshëm për formim"). Vetitë e plastikave: janë të lehta, janë të lira, nuk përshkruhen nga uji, janë rezistente ndaj kimikateve, prodhohen në çdo ngjyrë, mund të bëhen shumë të forta nëse përziejmë disa polimerë me njëri-tjetrin, mund të bëhen trasparente si qelqi dhe elastike si goma.[1]

Si pasojë e këtyre vetive, gjatë 60 viteve të fundit kemi një rritje të ndjeshme të prodhimit të plastikës. Rreth 4% e prodhimit botëror të naftës dhe gazit (burime të parinovueshme dhe në pakësim) përdoret si lëndë e parë për plastikën dhe 3 -4% të tjera shpenzohet që të sigurohet prodhimi i tyre. Shumica e llojeve të plastikës nuk janë të biodegradueshme (Andrady, 1994) dhe në fakt janë jashtëzakonisht të qëndrueshme dhe për këtë arsye shumica e polimerëve të prodhuar sot do të qëndrojnë për të paktën dekada dhe ndoshta për shekuj, nëse jo mijëvjeçare. Edhe kur një send plastik degradohet në mënyrë të vetvetishme nga kushtet klimaterike ai zbërthehet në copa të vogla plastike, por vetë polimeri mund të mos degradojë për një periudhë afatgjatë. Plastikat e biodegradueshme janë një zgjidhje e mundshme për të zgjidhur një numër të konsiderueshëm problemesh që lidhen me trajtimin e mbetjeve të materialeve plastike.[2]

---

[1] https://www.academia.edu/8779248/PLASTIC

[2] Hopewell, Jefferson, et al. "Plastics Recycling: Challenges and Opportunities." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2115–26, http://www.jstor.org/stable/40485985.

ZHVILLIMI:

A është tani teknologjikisht e mundur për të prodhuar materiale plastike duke përdorur bimët dhe jo lëndët djegëse të parinovueshme? Por, a janë këto lloje të reja plastike "shpëtimi mjedisor" për të cilin kërkuesit shpresojnë? (Tillman U.Gerngross dhe Steven C.Slater) [3]

Zëvendësimi i plastikës së zakonshme nga plastika e gjelbër është përqendruar në tri pika: 1.Konvertimi i karbohidrateve që gjenden te bimët në plastikë 2.Prodhimi i plastikës brenda mikroorganizmave 3.Rritja e plastikës në misër ose kultura të tjera. Cargill, gjigandi i biznesit bujqësor në Amerikë dhe Dow Chimical një firmë kimike arritën që sheqerin e gjendur tek misri dhe tek bimët e tjera me anë të mikroorganizmave ta kthenin në acid laktik dhe me një hap tjetër ata lidhen kimikisht molekulat e acidit laktik në zinxhirë plastike të ngjashëm me poli-etilen-tereftalatin (PET), një petro-plastikë e përdorur shumë tek shishet e pijeve freskuese dhe në fibrat e veshjeve.[3]

Një tjetër shembull i formimit të plastikës nga bimët është formimi i polietilenit nga kallami i sheqerit nga kompania petro-kimike Braskem me qendër në Brazil. Një nga arsyet që u zgjodh kallimi i sheqerit është për shkak sepse Brazili është prodhuesi më i madh i kësaj bime në botë. Pavarësisht lulëzimit të viteve të fundit të bioplastikës, kjo është hera e parë që një substancë saktësisht ekuivalente me polietilenin petro-kimikë është prodhuar nga një burim jofosilë.[4]

---

[3] Gerngross, Tillman U., and Steven C. Slater. "How Green Are Green Plastics?" *Scientific American*, vol. 283, no. 2, Scientific American, a division of Nature America, Inc., 2000, pp. 36–41, http://www.jstor.org/stable/26058824.

[4] Phillips, Anna Lena. "Bioplastic Boom: From the Dizzying Array of New Plant-Based Plastics, Some Innovative Winners Emerge." *American Scientist*, vol. 96, no. 2, Sigma Xi, The Scientific Research Society, 2008, pp. 109–10, http://www.jstor.org/stable/27859115.

Për të bërë biopolimerin, Braskem shndërroi etanolin e gjendur tek kallami i sheqerit në etilen nëpërmjet një procesi të quajtur dehidratimi i alkoolit. Kjo metodë shndërron 99% të etanolit në etilen (Antonio Morschbacker, Menaxheri i Teknologjisë për Polimerët e Gjelbër në Braskem). Nënprodukti kryesor është uji dhe pasi etileni pastrohet nga ndotësit (kryesisht eter dhe etanol i pareaguar), ai polimerizohet. Natyralisht lind pyetja nga ta dallojmë polietilenin e prodhuar nga Braskem nga polietileni i prodhuar në mënyrë të zakonshme me lëndë djegëse? Polietileni i prodhuar nga Braskem përmban sasi të vogla të izotopit 14 të karbonit. Duke përdorur të njëjta metoda që përdoren në zbulimin e karbonit radioaktive, kimistët mund të matin sasinë e karbonit 14 në plastikë dhe ta përdorin atë për të llogaritur përqindjen e këtij izotopi tek polimeri. Kjo lloj plastike përdoret më shumë në paketimin e ushqimeve dhe në fushën e kozmetikes por, përpjekjet janë që të përdoret dhe në industrinë e automobilëve. Për shkak se polietileni i Braskem është identik me plastikën me bazë fosile, mund të riciklohet së bashku me to, duke bërë të mundur integrimin e materialit të ri në sistemet e vendosura të riciklimit. Djegia e polimerit ndodh në temperaturë të lartë (900 gradë Celsius) dhe disa kompani po përpiqen me anë të katalizatorëve ose radiovalëve ta kthejnë polimerin në benzinë ose diesel. Kjo metodë mund të sjelli përmirësime dhe në sektorin e biokarburanteve.[4]

Kompani të tjera si Imperial Chemical Industries kanë zhvilluar mënyra për të formuar një tjetër lloj plastike e quajtur poli-hidroksi-alkanoat (PHA). Bakteri Ralstonia Eutopha konverton sheqerin e bimës direkt në plastikë. Madje kjo plastikë është dhe e biodegradueshme. [3]

---

[4]Phillips, Anna Lena. "Bioplastic Boom: From the Dizzying Array of New Plant-Based Plastics, Some Innovative Winners Emerge." *American Scientist*, vol. 96, no. 2, Sigma Xi, The Scientific Research Society, 2008, pp. 109–10, http://www.jstor.org/stable/27859115

[3]Gerngross, Tillman U., and Steven C. Slater. "How Green Are Green Plastics?" *Scientific American*, vol. 283, no. 2, Scientific American, a division of Nature America, Inc., 2000, pp. 36–41, http://www.jstor.org/stable/26058824.

PHA-et përdoren shumë për aplikime mjekësore, për shembull tek barnat që kanë veshje plastike për shkak të biodegradueshmerisë së tyre të shkëlqyer.[5]

Dy vite më vonë Monsanto filloi të prodhonte këtë lloj plastike tek misri. Rrjedhimisht u ngrit shqetësimi që nëse prodhohet plastikë tek kjo bimë atëherë prodhimi i misrit për konsum do të bjerë. Por, edhe për këtë problem u gjet një zgjidhje. Në mënyrë që prodhimi i plastikës të mos konkuronte prodhimin për ushqim studiuesit përdorën një pjesë të bimës të misrit që nuk është e konsueshme nga qytetarët. Plastika do të rritet tek gjethet dhe kërcelli i bimës së misrit. Fushat me misër do të korreshin dy herë. Herën e parë për të marrë frutin dhe më pas gjethet dhe kërcellin që përmbajnë plastikë. Rritja e PHA-ve në këtë mënyrë mundësonte korrjen e plastikës dhe misrit nga e njëjta bimë.[3]

PHA-et përdoren edhe për të veshur gotat e kartonit nga brenda me një veshje të hollë plastike me qëllim parandalimin e thithjes së lëngut nga letra. PHA-et përdoren dhe për të paketuar hamburgerat ose ushqime të tjera. Duke bëre disa ndryshime në procesin e fermetimit gjatë formimit të PHA-ve mund të krijohen plastika të tjera, si polipropileni, polietileni apo poli-etilen-tereftalat. Kjo është një nga gjerat vërtetë mahnitëse për PHA-et. Ato nuk janë një material i vetëm. Në fakt ato janë një klasë e madhe materialesh që përdoren për një sërë aplikacionesh të ndryshme me një përdorim. Formimi i bioplastikës ka marrë një vëmendje të madhe edhe tek studentët. Disa student të universitetit të Gjeorgjisë kanë formuar gotat e plastikës me bazë shkume nga kërpudhat.[6]

---

[5]https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/polyhydroxyalkanoate#:~:text=PHAs%20are%20widely%20used%20for,%2Dhydroxybutyrate)%20(PHB).

[3] Gerngross, Tillman U., and Steven C. Slater. "Ho w Green Are Green Plastics?" *Scientific American*, vol. 283, no. 2, Scientific American, a division of Nature America, Inc., 2000, pp. 36–41, http://www.jstor.org/stable/26058824.

[6]Pocock, Jennifer. "The Last Straw." *ASEE Prism*, vol. 28, no. 3, American Society for Engineering Education, 2018, pp. 24–29, https://www.jstor.org/stable/26820120.

PHA-et mund të konvertohen përmes proceseve të thjeshta në një sërë ndërmjetësish kimike, si për shembull, acidi poli-hidroksi-3-propionik mund të kthehet në acid akrilik, duke përdorur një procedurë të thjeshtë termike (Zhong dhe Whitehouse, 2005). Një rast tjetër është poli-hidorksi-3-butirat (PHB) mund të konvertohet termikisht në acid krotonik një lloj kimikati, i cili mund të konvertohet në propilen nga dekarboksilimi (Peterson dhe Fischer, 2010) dhe butanol nga hidrogjenimi (Coons, 2010).[7]

Në përmbyllje të kësaj pjese, theksohet se në përgjithësi bioplastika klasifikohet në pesë kategori ose grupe: [8]

1. Bioplastika e bazuar tek amidoni (niseshteja)

Bioplastika rrjedh zakonisht nga niseshteja e misrit. Këto plastika përzihen me poliester të biodegradueshëm. Shembuj të përdorimit të kësaj lloj plastike: Bioplastika Green Dot e përdorur tek kutitë e telefonave. Në të ardhmen mund të përdoret në çantat e kuzhinës dhe në lloje të ndryshme paketimi. [8]

2. Bioplastika e bazuar tek celuloza

Prodhohet duke përdorur esteret e celulozës ose derivate të tjera të saj. Shembuj: Plastika e rrjedhur nga celuloza përdoret për materialet termoplastike, për skeletet e syzeve, tek pajisjet elektronike, çarçafët etj. [8]

[7] Bohmert-Tatarev, Karen, et al. "High Levels of Bioplastic Are Produced in Fertile Transplastomic Tobacco Plants Engineered with a Synthetic Operon for the Production of Polyhydroxybutyrate." *Plant Physiology*, vol. 155, no. 4, American Society of Plant Biologists (ASPB), 2011, pp. 1690–708, http://www.jstor.org/stable/41434237

[8]https://greenbusinessbureau.com/green-practices/products/5-types-of-bioplastics-starch-cellulose-protein-organic-aliphatic-polyesters/?fbclid=IwAR3pm5kLv-8vUv-XNfY3aWvHzdtUFg3ncGqXF_JSTGxgvv5UfIYkYN0VNYY

3. Bioplastika e bazuar në proteina [8]

Kjo lloj plastike prodhohet nga përdorimi i burimeve proteinike si gluteni i grurit, kazeina dhe qumështi. Kjo lloj plastike që bazohet tek proteinat është baza e një alternative kryesore për paketimin e ushqimit.

4. Polietileni me prejardhje biologjike (kjo lloj plastike është trajtuar dhe tek paragrafët e mësipërm) [8]

Polietileni i prodhuar në këtë mënyrë përdoret në disa aplikacione paketimi si tek arkat, tabakatë, shishet e qumështit dhe lëngjeve të frutave, kapakët e paketimit, bateritë etj.

5. Poliesteret alifatike [8]

Një koleksion i poliestereve me bazë bimore përfshin acidin polilaktik (PLA), acidin poliglikolik (PGA), poli hidroksi-3-butirat (PHB).

Kostot e prodhimit të bioplastikës janë përgjithësisht më të larta së e plastikës tradicionale (Petersen et al.1999) dhe kjo përbën një kufizim të madh për përhapjen e tyre në të gjithë botën. Megjithatë ato kanë pësuar rritje të kosiderueshme dekadën e fundit. Interesi ndaj plastikës së gjelbër pritet të rritet kur bota të përballet me kriza serioze të rezervave të lëndëve djegëse dhe me ritjen e ndërgjegjësimit ndaj ndikimit që plastika e zakonshme ka në mjedis. [9]

---

[8] https://greenbusinessbureau.com/green-practices/products/5-types-of-bioplastics-starch-cellulose-protein-organic-aliphatic-polyesters/?fbclid=IwAR3pm5kLv-8vUv-XNfY3aWvHzdtUFg3ncGqXF_JSTGxgvv5UfIYkYN0VNYY

[9] Song, J. H., et al. "Biodegradable and Compostable Alternatives to Conventional Plastics." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2127–39, http://www.jstor.org/stable/40485986.

PËRFUNDIME:

Bota sot po përballet me një, problem siç është "shkatërrimi" i mbetjeve plastike. Metoda më e mirë për minimizimin e këtij problemi është krijimi i polimerëve ose plastikës së biodegradueshme. Biopolimerët me funksionalitet të njëjtë me atë të plastikës së zakonshme tani mund të prodhohen në shkallë industriale, por ato janë më të shtrenjta se polimerët me bazë fosile dhe përbëjnë më pak se 1% të prodhimit të plastikës (Song et al.2009). Plastika e gjelbër ose biopolimerët shpesh përshkruhen si polimerë të rinovueshëm sepse si lëndë të parë kanë biomasën. Emëtimi i CO_2 që vjen nga këto polimerë është më i vogël se emëtimi që vjen nga homologët e tyre, por sërish nuk është zero, për shkak të pesticideve dhe produkteve të tjera që përdoren në bujqësi (WRAP, 2009). Përveç kësaj numri i popullsisë sa vjen dhe rritet dhe po shfaqen vështirësi me sipërfaqet e tokës të mjaftueshme për të rritur bimët për konsum. Nëse prodhimi i biopolimerëve rritet duhet të ketë shumë sipërfaqe toke të lirë. Një zgjidhje e përshtatshme është prodhimi i biopolimerëve duke ricikluar mbeturinat ushqimore. Shumë nga bioplastikat gjithashtu janë edhe të biodegradueshme. Biodegradim do të thotë inicjimi i procesit për shkatërrimin e komponimeve duke përdorur mikroorganizmat, ku si produkte finale formohen avuj uji dhe dioksid karboni. Disa biopolimerë janë të dekompozueshëm, ku nëpërmjet proceseve të ndryshme industriale këto shkatërrohen deri në 90% të masës së tyre për një periudhë më pak se gjashtë muaj. PLA (acidi polilaktik) është një biopolimerë i biodegradueshëm, por polietileni që rrjedh nga bioetanoli nuk është.[10]

[10] Thompson, Richard C., et al. "Plastics, the Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2153–66, http://www.jstor.org/stable/40485988.

Avantazhet e prodhimit të bioplastikës:

1. Përdoret shumë pak lëndë djegëse për prodhimin e plastikës. Lënda djegëse duhet për shembull për punën e makinerive.

2. Kanë të njëjtin funksion si plastika tradicionale. Është e vërtetë se disa lloje të bioplastikës janë më të dobëta se homologët e tyre por, ato mund të përdoren në aplikacione të tilla, ku kjo lloj "paqëndrueshmërie" nuk është shqetësuese.

3. Bioplastikat janë shumë të tregtueshme, për shembull, përdorimi i tyre mund të përmirësojë vlerën e shtuar të një produkti përmes një fushate të gjelbër marketingu. Studimet kanë treguar se 80% e europianëve duan të blejnë produkte që kanë ndikim minimal në mjedis.

4. Bioplastika nuk do naftë si lëndë bazë për tu prodhuar. Prodhimi i plastikës duke përdorur naftë ka nevojë për shumë energji dhe emiton shumë dioksid karboni gjatë prodhimit, ndoshta deri në 500 milion ton në vit.

5. Shumë bioplastika të zakonshme si PLA dhe PHB nuk janë toksike dhe nuk sjellin shqetësime shëndetësore. Kjo i bën këto plastika të dobishme për paketimin e ushqimit. [11]

Nëse industria dhe grupet kërkimore të pavarura vazhdojnë të tregojnë interes në teknologjitë e prodhimit të bioplastikës, rezultatet mund të jenë vërtetë premtuese. (Anna Lena Phillips)[4]

[11] https://qualityinspection.org/advantages-of-bioplastics-vs-disadvantages/

[4] Phillips, Anna Lena. "Bioplastic Boom: From the Dizzying Array of New Plant-Based Plastics, Some Innovative Winners Emerge." *American Scientist*, vol. 96, no. 2, Sigma Xi, The Scientific Research Society, 2008, pp. 109–10, http://www.jstor.org/stable/27859115

Disa foto të produkteve që janë formuar nga bioplastika:

Fig 1:Gota plastike të krijuara nga PLA (acidi polilaktik) [12]

Fig 2:Kokrriza të plastikës PHA (poli-hidroksi-alkanoat) të prodhura nga ujeërat e zeza [13]

Fig 3: Shishe uji [14]

Fig 4:Fije printimi 3D [15]

[12]Eco-Products, and NatureWorks. *Clear Containers and Cups from Ingeo PLA*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.23127265

[13]Studio Nienke Hoogvliet, and Netherlands. *PHA Granules, Bioplastic Made from Wastewater*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.24297921. Shelf 55

[14]Totally Green Bottles And Caps, LLC. *Green Bottle Spring Water Bottle*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.23955785. Shelf 55.

[15]ECOmaylene 3D, and Singapore. *ECOmaylene 3D Bioplastic 3D Printing Filaments*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.21591949.

REKOMANDIME:

E ardhmja duhet të na përballi me një gamë më të madhe materialesh të rinovueshme. Duhet që të vazhdojë zëvendësimi i plastikës tradicionale nga bioplastika. Prezantimi i materialeve të reja inovatore për prodhuesit dhe konsumatorët ofron një mundësi për prodhuesit që të harmonizohen më nga afër me kërkesën në rritje të konsumatorëve për produkte që nuk do të rrezikojnë planetin. Bioplastika i përgjigjet kësaj kërkese në formën e produkteve që konsumatorët kanë nevojë dhe përdorin çdo ditë. Ato përfaqësojnë mundësi që plastika të bëhet një zgjedhje dhe jo një sfidë e përditshme mjedisore. Materialet për prodhimin e bioplastikës duhen të zgjidhen me kujdes në mënyrë që të jenë jo vetëm miqësore me mjedisin por, të jenë gjithashtu të sigurta, të kenë një performancë të lartë dhe jetëgjatësi. [16]

Për ta përmbyllur, zvogëlimi i niveleve të emëtimeve të dioksidit të karbonit në atmosferë duhet të zvogëlohet dhe kjo gjë duhet të jetë një qëllim i përbashkët për të gjitha industritë, jo vetëm të asaj plastike (sepse dihet që prodhimi i plastikës tradicionale emëton sasi të larta dioksidi karboni). Gjithashtu, çdo industri do të përfitonte nëse përdorin si lëndë të parë, lëndë të rinovueshme dhe energji të rinovueshme. Me përdorimin e këtyre lëndëve do të duhen që të bëhen ndryshime domethënëse në infrastrukturë, por në fund do t'ja vlejë përpjekja. Në fund të fundit, energjia e rinovueshme dhe lëndët e rinovueshme janë thelbësore në ndërtimin e një ekonomie të qëndrueshme, por mbi të gjitha të një mjedisi më të pastër. Përdorimi i plastikës së gjelbër ndikon pozitivisht në këtë aspekt.[3] Nëse një mënyrë është më e mirë se një tjetër, ju duhet të jeni të sigurt qe keni zgjedhur rrugen e natyrës. (Aristoteli) [17]

---

[16] https://www.greendotbioplastics.com/future-of-sustainable-plastics/

[3]Gerngross, Tillman U., and Steven C. Slater. "How Green Are Green Plastics?" *Scientific American*, vol. 283, no. 2, Scientific American, a division of Nature America, Inc., 2000, pp. 36–41, http://www.jstor.org/stable/26058824

[17]http://www.sc.ehu.es/iawcacik/Proiektuak/Proposatuak/PFC.pdf

BIBLIOGRAFIA:

Bohmert-Tatarev, Karen, et al. "High Levels of Bioplastic Are Produced in Fertile Transplastomic Tobacco Plants Engineered with a Synthetic Operon for the Production of Polyhydroxybutyrate." *Plant Physiology*, vol. 155, no. 4, American Society of Plant Biologists (ASPB), 2011, pp. 1690–708, http://www.jstor.org/stable/41434237

ECOmaylene 3D, and Singapore. *ECOmaylene 3D Bioplastic 3D Printing Filaments*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.21591949

Eco-Products, and NatureWorks. *Clear Containers and Cups from Ingeo PLA*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.23127265

Gerngross, Tillman U., and Steven C. Slater. "How Green Are Green Plastics?" *Scientific American*, vol. 283, no. 2, Scientific American, a division of Nature America, Inc., 2000, pp. 36–41, http://www.jstor.org/stable/26058824

Hopewell, Jefferson, et al. "Plastics Recycling: Challenges and Opportunities." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2115–26, http://www.jstor.org/stable/40485985

https://greenbusinessbureau.com/green-practices/products/5-types-of-bioplastics-starch-cellulose-protein-organic-aliphatic-polyesters/?fbclid=IwAR3pm5kLv-8vUv-XNfY3aWvHzdtUFg3ncGqXF_JSTGxgvv5UfIYkYN0VNYY

https://www.academia.edu/8779248/PLASTIC

https://www.greendotbioplastics.com/future-of-sustainable-plastics/

https://qualityinspection.org/advantages-of-bioplastics-vs-disadvantages/

https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/polyhydroxyalkanoate#:~:text=PHAs%20are%20widely%20used%20for,%2Dhydroxybutyrate)%20(PHB)

http://www.sc.ehu.es/iawcacik/Proiektuak/Proposatuak/PFC.pdf

Phillips, Anna Lena. "Bioplastic Boom: From the Dizzying Array of New Plant-Based Plastics, Some Innovative Winners Emerge." *American Scientist*, vol. 96, no. 2, Sigma Xi, The Scientific Research Society, 2008, pp. 109–10, http://www.jstor.org/stable/27859115

Pocock, Jennifer. "The Last Straw." *ASEE Prism*, vol. 28, no. 3, American Society for Engineering Education, 2018, pp. 24–29, https://www.jstor.org/stable/26820120

Totally Green Bottles And Caps, LLC.*Green Bottle Spring Water Bottle.* p. 1, https://jstor.org/stable/community.23955785 . Shelf 55

Thompson, Richard C., et al. "Plastics, the Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2153–66, http://www.jstor.org/stable/40485988

Song, J. H., et al. "Biodegradable and Compostable Alternatives to Conventional Plastics." *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, Royal Society, 2009, pp. 2127–39, http://www.jstor.org/stable/40485986

Studio Nienke Hoogvliet, and Netherlands. *PHA Granules, Bioplastic Made from Wastewater*. p. 1, https://jstor.org/stable/community.24297921 . Shelf 55