

Nederlandstalige versie: zie hieronder

Version française: voir ci-dessous

Enzyme-embedded, home compostable polylactic acid

Carbios and the Toulouse Biotechnology Institute are publishing an article presenting an enzyme-embedded PLA designed to quickly biodegrade in home-compost conditions – a development expected to result in plastic packaging that is compostable at ambient temperatures.

This was the first sentence of a striking and gratifying news report on a recent scientific development by the company Carbios, whose registered office is at Clermont-Ferrand, the Toulouse Biotechnology Institute, the Université de Mons and the Kasetsart University of Bangkok [Packaging Europe 2024]. Their research results are now published in the leading journal Nature.

Polylactic acid has the potential for massive adoption

The burgeoning interest in biodegradable and compostable plastics regularly leads us to new developments and applications in that field.

Poly lactide (PLA) is a widely used bio sourced polymer; its most common applications include 3D printing material filament, medical implants and devices, fibres (carpets and clothing) as well as food packagings, tumblers, disposable cutlery and tableware, labels and shrink films for bottles.

Yet (traditional) PLA also has a downside, it degrades very slowly in home compost and soil. PLA's weakness is its compostability, which is nowadays only possible under industrial conditions and at elevated temperatures. But recent research findings from the opportunity network around the company Carbios may change that: embedding enzymes into PLA is expected to fully and rapidly break down under home compost or methanization conditions. The enzyme enriched PLA films fully disintegrated under home-compost conditions within 20 to 24 weeks, meeting home-composting standards.

Integrated enzyming should bring us plenty of benefits

Guicherd et al. (2024) succeeded in producing a PLA-based plastic in which an optimized enzyme is embedded to ensure rapid biodegradation and compostability at room temperature, using a scalable industrial process. Two preparatory steps were essential: (1) the structure-based rational engineering of a new hyperthermostable PLA hydrolase (the necessary enzyme) and (2) the uniform dispersion within the PLA matrix by means of a masterbatch-based melt extrusion process. The latter step required the inclusion of a liquid enzyme formulation in polycaprolactone to form an “enzymatic” polycaprolactone masterbatch.

Masterbatch pellets were integrated into PLA by melt extrusion at 160 °C, producing an enzymated PLA film (0.02% w/w enzyme) that fully disintegrated under home-compost conditions without leaving microplastics or toxic substances behind. The enzyme-embedded material is also believed to produce more biomethane; this provides another form of waste recovery.

Moreover, the mechanical and degradation properties of the enzymated film were compatible with industrial packaging applications, and they remained intact during long-term storage. Since the enzyme is only activated under composting or methanization conditions, the material is said to remain intact when stored. This makes it very suitable for flexible packaging like sauce packets and wrappers; short-life items like food containers, yoghurt pots, coffee capsules; and several other commercial applications.

A useful and praiseworthy development

Enzyme-embedded, home compostable PLA may have a great future. Previously, the poor compostability of traditional PLA put a brake on its use and that hurdle now seems to have been cleared. Incidentally, a production line is already operational at Carbios' headquarters in Clermont-Ferrand. It can reportedly produce 2500 tonnes of enzymatically enriched PLA per year [Packaging Europe 2024].

Moreover, a publication in the scientific journal *Nature* is an especially proud moment for all the contributing teams; in particular, it signifies peer recognition from the scientific community. It is not given to everyone to publish in this leading journal; recognition from the scientific community confirms the performance of the new PLA and supports its commercial application.

Two birds with one stone!

References

Guicherd et al. (2024). An engineered enzyme embedded into PLA to make self-biodegradable plastic. *Nature*, 1-7.

Packaging Europe (2024). Scientific journal to cover Carbios' enzyme-embedded, 'home-compostable' PLA, <https://packagingeurope.com/news/scientific-journal-to-cover-carbios-enzyme-embedded-home-compostable-pla/11626.article>

Polymelkzuur met ingewerkte enzymen en thuis composteerbaar

Carbios en het Biotechnologisch Instituut van Toulouse publiceren een artikel over PLA waarin enzymen zitten ingebed, dat ontworpen is om snel biologisch af te breken in thuiscompostomstandigheden – een ontwikkeling die naar alle verwachting zal resulteren in plastic verpakkingen die composteerbaar zijn bij omgevingstemperaturen.

Dit was de eerste zin van een opvallend en verheugend nieuwsbericht over een recente wetenschappelijke ontwikkeling van het bedrijf Carbios, gevestigd in Clermont-Ferrand, het Biotechnologisch Instituut van Toulouse, de Universiteit van Mons en de Kasetsart Universiteit van Bangkok [Packaging Europe 2024]. Hun onderzoeksresultaten zijn nu gepubliceerd in het toonaangevend tijdschrift Nature.

Polymelkzuur heeft het potentieel voor massale toepassing

De groeiende belangstelling voor biologisch afbreekbare en composteerbare kunststoffen brengt ons regelmatig nieuwe ontwikkelingen en toepassingen op dat gebied.

Polymelkzuur (PLA) is een polymeer van biologische oorsprong dat op grote schaal wordt toegepast. Het wordt vooral gebruikt als filament voor 3D-printing, medische implantaten en apparaten, vezels (voor tapijten en kledij) en voedselverpakkingen, bekertjes, wegwerpbestek en tafelgerei, etiketten en krimpfolie voor flessen.

Maar (traditioneel) PLA heeft ook een nadeel: het breekt heel langzaam af in compost en in de bodem. De zwakte van PLA is zijn composteerbaarheid, die vandaag alleen maar mogelijk is onder industriële omstandigheden en bij hoge temperaturen. De recente onderzoeksresultaten van het gelegenheidsnetwerk van het bedrijf Carbios kunnen daar echter verandering in brengen: door enzymen in te bouwen in PLA wordt verwacht dat PLA volledig en snel wordt afgebroken onder thuiscompost- of methanisatieomstandigheden. De met enzymen verrijkte PLA-films braken onder thuiscomposteeromstandigheden binnen 20 tot 24 weken volledig af en voldoen op die manier aan de normen voor thuiscompostering.

Het inwerken van de enzymen kan ons veel voordeel opleveren

Guicherd et al. (2024) zijn erin geslaagd om een kunststof op basis van PLA te produceren waarin een geoptimaliseerd enzym is ingewerkt met behulp van een schaalbaar industrieel proces om snelle biologische afbraak en composteerbaarheid bij kamertemperatuur te garanderen. Twee voorbereidende stappen waren essentieel: (1) het structuurgericht rationeel ontwerp van een nieuw hyperthermostabiel PLA-hydrolase (het noodzakelijk enzym) en (2) de uniforme dispersie ervan binnen de PLA-matrix door

middel van een smeltextrusieproces op basis van masterbatchs. Deze laatste stap vereiste de homogene verdeling van een vloeibare enzymformulering in polycaprolacton om een “enzymatische” polycaprolacton-masterbatch te vormen.

Masterbatchkorrels werden geïntegreerd in PLA door smeltextrusie bij 160 °C, waardoor een aangerijkte PLA-film (0,02% w/w enzym) ontstond die volledig afbraak onder thuiscompostomstandigheden zonder microplastics of giftige stoffen achter te laten. Van het met enzymen verrijkte materiaal wordt ook aangenomen dat het meer biomethaan produceert; dit zorgt voor weer een andere vorm van afvalterugwinning.

Bovendien waren de mechanische en degradatie-eigenschappen van de enzymatische folie compatibel met industriële verpakkingstoepassingen en bleven ze intact tijdens een langdurige opslag. Omdat het enzym enkel maar wordt geactiveerd onder composterings- of methaniseringsomstandigheden, blijft het materiaal naar verluidt intact tijdens de opslag. Dit maakt het zeer geschikt voor flexibele verpakkingen zoals sausverpakkingen en wikkels; voorwerpen met een korte levensduur zoals voedselcontainers, yoghurtpotten, koffiecapsules; en verschillende andere commerciële toepassingen.

Een zinvolle en prijzenswaardige ontwikkeling

Enzymverrijkt en thuiscomposteerbaar PLA zou wel eens een grote toekomst kunnen hebben. Voorheen vormde de povere composteerbaarheid van traditioneel PLA een belemmering voor het gebruik ervan en die hindernis lijkt nu uit de weg geruimd. Overigens is er al een productielijn operationeel op het hoofdkantoor van Carbios in Clermont-Ferrand. Deze kan naar verluidt 2500 ton enzymatisch verrijkt PLA per jaar produceren [Packaging Europe 2024].

Bovendien is een publicatie in het wetenschappelijk tijdschrift *Nature* een bijzonder trots moment voor alle teams die bijdroegen aan de studie; het betekent vooral een erkenning van de onderzoeksgroep. Het is niet iedereen gegeven om in dit toonaangevend tijdschrift te publiceren; deze erkenning van de onderzoeksgroep bevestigt de nuttige kenmerken van het nieuwe PLA en ondersteunt de commerciële toepassing ervan.

Twee vliegen in één klap!

Referenties

Guicherd et al. (2024). An engineered enzyme embedded into PLA to make self-biodegradable plastic. *Nature*, 1-7.

Packaging Europe (2024). Scientific journal to cover Carbios' enzyme-embedded, 'home-compostable' PLA, <https://packagingeurope.com/news/scientific-journal-to-cover-carbios-enzyme-embedded-home-compostable-pla/11626.article>



BELGISCH VERPAKKINGSINSTITUUT vzw
INSTITUT BELGE DE L'EMBALLAGE asbl

L'acide polylactique avec enzymes intégrées, compostable à domicile

Carbios et l'Institut de biotechnologie de Toulouse publient un article présentant un PLA dans lequel des enzymes sont incorporés, conçu pour se biodégrader rapidement dans des conditions de compostage domestique – un développement qui devrait déboucher sur des emballages plastiques compostables à température ambiante.

Voilà les premières phrases d'un rapport frappant et réjouissant sur un développement scientifique récent de la société Carbios, dont le siège est à Clermont-Ferrand, de l'Institut de biotechnologie de Toulouse, de l'Université de Mons et de l'Université Kasetsart de Bangkok [Packaging Europe 2024]. Les résultats de leurs recherches sont aujourd'hui publiés dans la revue de premier plan Nature.

L'acide polylactique a un potentiel d'adoption massive

L'intérêt croissant pour les plastiques biodégradables et compostables nous amène régulièrement à découvrir de nouveaux développements et applications dans ce domaine.

Le polylactide (PLA) est un polymère biosourcé largement utilisé ; ses utilisations les plus courantes sont les filaments pour l'impression 3D, les implants et dispositifs médicaux, les fibres (tapis et vêtements) ainsi que les emballages alimentaires, les gobelets, les couverts et la vaisselle jetables, les étiquettes et les films rétractables pour les bouteilles.

Cependant, le PLA (traditionnel) a aussi un inconvénient : il se dégrade très lentement dans le compost domestique et dans le sol. Le point faible du PLA est sa compostabilité, qui n'est aujourd'hui possible que dans des conditions industrielles et à des températures élevées. Mais les résultats de recherches récentes du réseau d'opportunités autour de l'entreprise Carbios pourraient changer la donne : l'incorporation d'enzymes dans le PLA devrait permettre une décomposition complète et rapide dans des conditions de compostage domestique ou de méthanisation. Les films de PLA enrichis en enzymes se sont entièrement désintégrés dans des conditions de compostage domestique en l'espace de 20 à 24 semaines, répondant ainsi aux normes de compostage domestique.

L'enzymage intégré devrait nous apporter de nombreux avantages

Guicherd et al. (2024) ont réussi à produire un plastique à base de PLA dans lequel une enzyme optimisée est intégrée en utilisant un processus industriel modulable pour assurer une biodégradation rapide et une compostabilité à température ambiante. Deux étapes préparatoires étaient essentielles : (1) l'ingénierie rationnelle basée sur la structure d'une nouvelle hydrolase PLA hyperthermostable (l'enzyme indispensable) et (2) la dispersion uniforme dans la matrice PLA au moyen d'un processus d'extrusion à

l'état fondu basé sur un mélange-maître. Cette dernière étape a nécessité l'inclusion d'une formulation enzymatique liquide dans le polycaprolactone pour former un mélange maître de polycaprolactone « enzymatique ».

Les granulés de mélange maître ont été intégrés au PLA par extrusion à 160 °C, produisant un film de PLA enrichi en enzymes (0,02 % p/p d'enzyme), qui s'est entièrement désintégré dans des conditions de compostage domestique sans laisser de microplastiques ou de substances toxiques. Le matériau enrichi en enzymes devrait également produire davantage de biométhane, ce qui constitue une autre forme de valorisation des déchets.

En outre, les propriétés mécaniques et de dégradation du film enrichi étaient compatibles avec les applications d'emballage industriel, et elles sont restées intactes pendant le stockage à long terme. Comme l'enzyme n'est activée que dans des conditions de compostage ou de méthanisation, le matériau reste intact pendant le stockage. Il convient donc parfaitement aux emballages souples tels que les sachets et les enveloppes ; aux articles à courte durée de vie tels que les récipients alimentaires, les pots de yaourt, les capsules de café ; ainsi qu'à plusieurs autres applications commerciales.

Une évolution utile et méritoire

Le PLA enzymatique et compostable à domicile pourrait avoir un grand avenir. Auparavant, la faible compostabilité du PLA traditionnel freinait son utilisation, mais cet obstacle semble maintenant avoir été levé. D'ailleurs, une ligne de production est déjà opérationnelle au siège de Carbios à Clermont-Ferrand. Elle pourrait produire 2500 tonnes de PLA enrichi d'enzymes par an [Packaging Europe 2024].

De plus, une publication dans le journal scientifique *Nature* est un moment de grande fierté pour toutes les équipes qui y ont contribué ; elle signifie notamment la reconnaissance de la communauté scientifique par les pairs. Il n'est pas donné à tout le monde de publier dans ce magazine de grande renommée. La reconnaissance de la communauté scientifique confirme d'ailleurs la performance du nouveau PLA et soutient son application commerciale.

D'une pierre deux coups !

Références

Guicherd et al. (2024). An engineered enzyme embedded into PLA to make self-biodegradable plastic. *Nature*, 1-7.

Packaging Europe (2024). Scientific journal to cover Carbios' enzyme-embedded, 'home-compostable' PLA, <https://packagingeurope.com/news/scientific-journal-to-cover-carbios-enzyme-embedded-home-compostable-pla/11626.article>