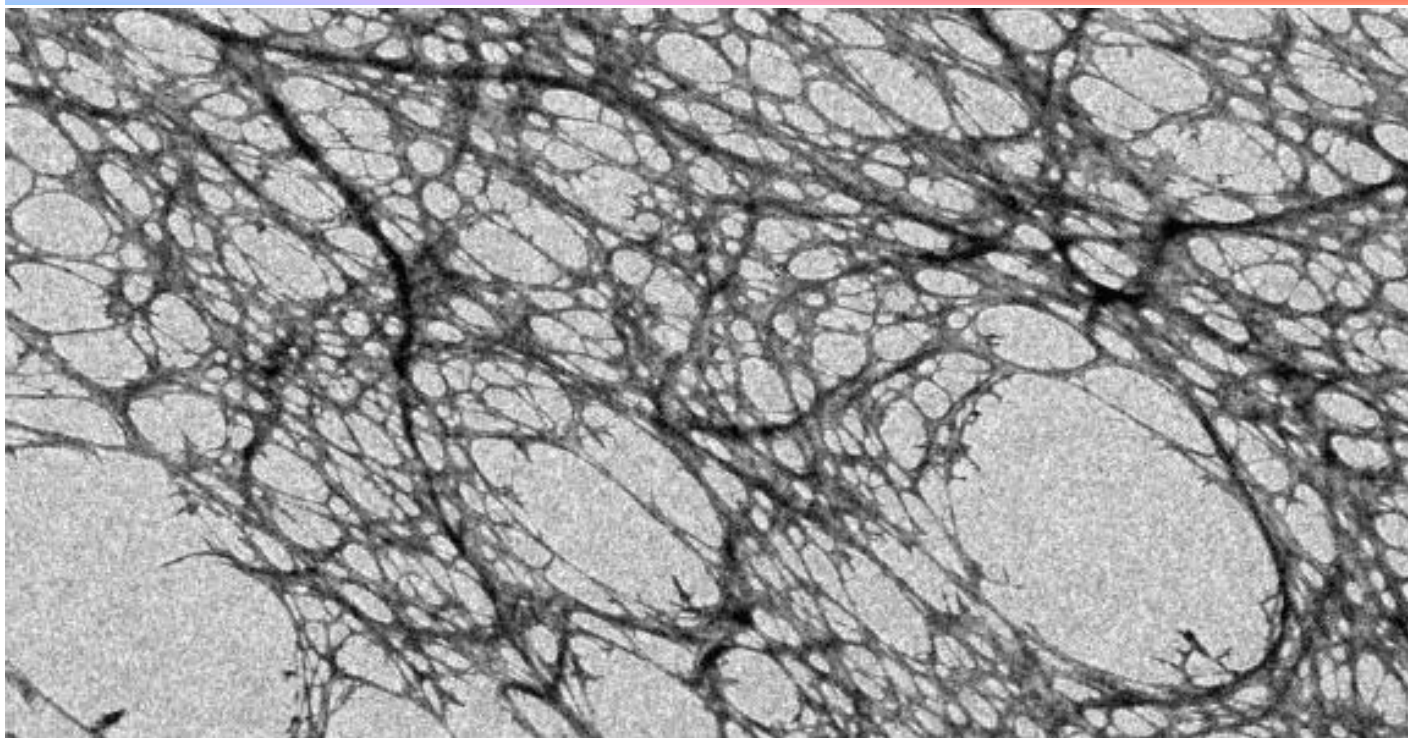




Production et fonctionnalisation de la nanocellulose

30 novembre 2023, 14:12

Pieter Samyn

Patrick Cosemans

Matériau biosourcé polyvalent à vocation industrielle

Selon le type de nanocellulose produit, le potentiel de ce matériau prometteur est énorme. Il en va de même de propriétés dont la fonctionnalisation est susceptible d'en accroître la spécificité et l'accordabilité. Les matériaux qui en résultent se prêtent à une foule d'applications technologiques. Voici un aperçu des différentes étapes du processus de production et de prétraitement de la nanocellulose.

Dans [un blog antérieur](#), nous vous avons présenté la nanocellulose comme un matériau polyvalent et respectueux de l'environnement qui fait montre d'un potentiel prometteur dans un large éventail d'applications. Cette vaste étendue des possibles tient au fait que la production parfaitement envisageable de différents types de matériaux nanocellulosiques : fibreux, cristallins et bactériens, en fonction de la méthode de production employée. En outre, le matériau source influe sur les dimensions de la nanocellulose et sa fonctionnalisation est susceptible de lui conférer des propriétés très spécifiques et accordables. Ce blog présente un bref aperçu des différentes étapes du processus de production et de prétraitement.

Méthodes de production

Comportant plusieurs étapes de prétraitement, d'extraction et de purification, la production de nanocelluloses requiert la conjugaison de diverses conditions mécaniques, physiques, chimiques et biologiques. La morphologie particulière de la nanocellulose obtenue dépend dans une large mesure de la sélection de sources et conditions de traitement spécifiques. Reposant sur l'usage de plantes et fibres naturelles, diverses méthodes d'épuration sont mises à contribution pour éliminer des impuretés telles que la lignine, l'hémicellulose et la pectine, tandis que la sélection d'autres sources permet d'obtenir des formes plus pures de nanocellulose sans devoir recourir à un traitement intensif. Le large éventail des ressources et la boîte à outils associée aux étapes du traitement permettent la production de matériaux nanocellulosiques susceptibles d'être assemblés sous forme de structures fonctionnelles et de matériaux de haute qualité destinés à nombre d'applications technologiques (p. ex., hydrogels, aérogels, filaments macroscopiques, membranes, composites et revêtements). Les propriétés mécaniques des nanocelluloses obtenues peuvent devenir comparables à celles de fibres d'acier traditionnelles, comme en atteste un module de Young compris entre 10 et 130 GPa.

Hydrolyse acide : Cette méthode se caractérise par un traitement de la cellulose avec un acide pour en décomposer les fibres en particules de dimensions nanométriques. Un contrôle méticuleux des conditions de réaction est essentiel pour que la nanocellulose obtenue présente la morphologie et les dimensions souhaitées.

Hydrolyse enzymatique : Des enzymes décomposent de manière sélective la cellulose en nanofibres ou en nanocristaux. Cette méthode est souvent plus douce et parfois plus respectueuse de l'environnement que l'hydrolyse acide.

Méthodes mécaniques : On peut recourir à l'homogénéisation à haute pression, à la microfluidisation ou au broyage pour décomposer physiquement la cellulose en particules de dimensions nanométriques, en exerçant un contrôle précis sur leur taille. Bien que ces méthodes soient intrinsèquement énergivores, les efforts et progrès significatifs récemment consentis et accomplis ont permis au traitement de gagner en durabilité grâce à l'application conjuguée d'un prétraitement approprié.

Nanocellulose type	Production	Crys tallinity	Morphology
Spherical cellulose nanoparticles (SCNPs)	Enzymatic or chemical pretreatment and hydrolysis (acidic and alkali treatment)	30–50 %	Spherical shape with diameter
Nanocrystalline cellulose (NCC)	Chemical pretreatment (Alkali pretreatment, acid hydrolysis, oxidizing agent, organosolv, and ionic liquids)	54–88 %	Crystalline needle-sh like cellulose particle crystallinity
Cellulose nanofibers (CNFs)	Mechanical disintegration (Homogenizing, cryocrushing, microfluidization, grinding, and high-intensity ultrasonication)	68.5 %	Nanofibrils with a di 10–100 nm, amorphous crystalline sections
Bacterial Nanocellulose (BNC)	Biosynthesis (enzymatic pretreatment and bacterial synthesis)	75–80 %	Ribbon-like nanofiber diameter of 20–100 nm
Cellulose Nanoyarns (CNY)	Wet, dry, and melt spinning, or electrospinning of soluble cellulose derivatives such as cellulose acetate (CA) and hydroxypropyl cellulose (HPC).	50–60 %	Highly aligned fibrils with a 100–1000 μm
Cellulose nanohybrids	Melt extrusion and casting techniques using hydro-soluble, emulsion, and non-hydro-soluble systems	N/A	Different shapes with of length
Aerogels	Dissolution, gelation, and freeze-drying or supercritical drying. The Dissolution of cellulose followed by gelation and fabrication of the pore structure	N/A	A network structure fibers with 50–200 nm foam-like structure with porosity

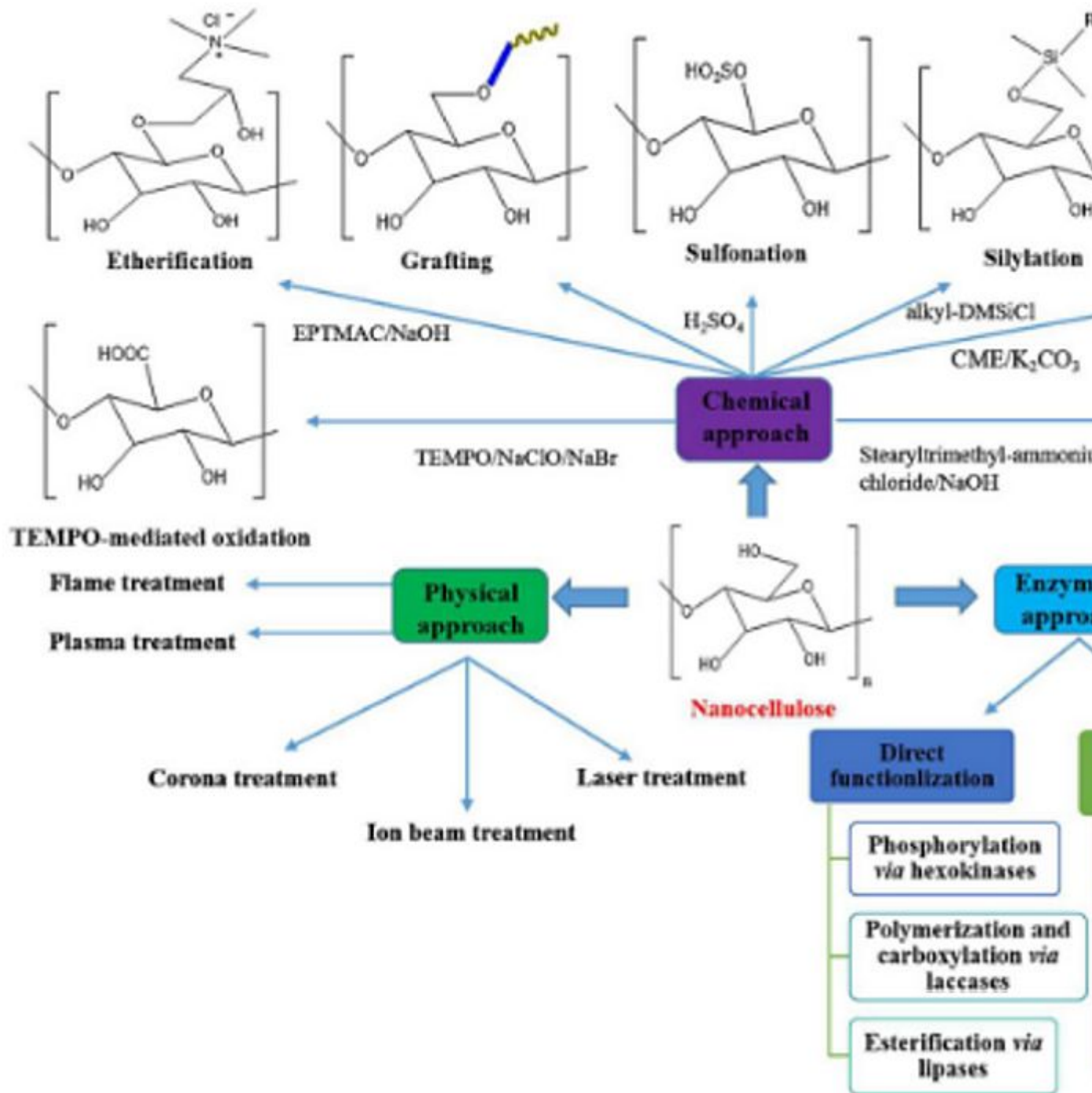
Types de nanocellulose, méthode de production et morphologies et dimensions obtenues

Au terme de la production proprement dite de nanocellulose, l'exécution de plusieurs étapes de purification telles que le lavage et la filtration permet d'éliminer toutes les impuretés résiduelles et d'obtenir une nanocellulose propre et raffinée en vue de modifications ultérieures.

Fonctionnalisation de la nanocellulose

Conjuguée avec des propriétés intrinsèques telles qu'une surface spécifique élevée, une étonnante légèreté, des propriétés amphiphiles, une capacité certaine de rétention d'eau, une réactivité chimique, une biodégradabilité, une résistance mécanique appréciables, un respect de l'environnement et une absence de toxicité remarquables, la fonctionnalisation constitue une étape clé dans l'amélioration des propriétés de la nanocellulose aux fins d'applications spécifiques. Il s'agit de modifier la surface de la structure de la nanocellulose ou d'introduire des groupes fonctionnels pour obtenir les caractéristiques et fonctionnalités souhaitées. Les voies chimiques, physiques ou enzymatiques sont les plus couramment empruntées. Chacune de ces voies réside dans l'application des différentes techniques envisageables pour créer une vaste palette de possibilités et de fonctionnalités superficielles.

Certaines modifications superficielles de la nanocellulose permettent d'en améliorer les propriétés hydrophobes et la compatibilité au sein de matrices composites. Elles permettent aussi de la doter de caractéristiques supplémentaires : activité antimicrobienne, biocompatibilité, stabilité thermique et ignifugation, capacité d'absorption sélective, propriétés barrières ou conductivité électrique.



Représentation schématique des voies de modification superficielle de la nanocellulose les plus couramment utilisées

Vous voulez en savoir plus ?

Nous sommes convaincus que ce matériau peut changer la donne dans les applications futures. C'est pourquoi nous aimerions vous présenter ce matériau lors d'un **séminaire** réunissant des experts nationaux et internationaux dans ce domaine. Ne manquez pas cette occasion de vous plonger dans le monde de la nanocellulose et de découvrir comment ce matériau peut également améliorer la durabilité, la capacité d'innovation et la compétitivité de votre entreprise : [consultez régulièrement notre agenda](#) ou [contactez-nous](#) : on vous tiendra avec plaisir au courant !

Sources

Table: P. Samyn et al., "Nanocelluloses as sustainable membrane materials for separation and filtration technologies: Principles, opportunities, and challenges" Carbohydrate Polymers 317 (2023) 121057.

Figure: Trache Djalal, Tarchoun Ahmed Fouzi, Derradji Mehdi, Hamidon Tuan Sherwyn, Masruchin Nanang, Brosse Nicolas, Hussin M. Hazwan, Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications, Frontiers in Chemistry, Vol. 8, 2020

Auteurs



Pieter Samyn



Patrick Cosemans