

Introduction au composé d'arabinoxylane de son de riz

1

Jayani Kulathunga, Bahri Ozsisli et Senay Simsek

Résumé

Le rôle des polysaccharides non amylacés des céréales dans la santé et la nutrition a stimulé un large éventail d'activités de recherche. Les arabinoxylanes sont les principaux polysaccharides non amylacés des céréales et se trouvent principalement dans les couches externes du grain. Ils sont composés de chaînes dorsales de résidus α -(1-4)-xylopyranosyl liés, auxquelles des unités α -L-arabinofuranose sont liées en tant que chaînes latérales. Le son de riz a été identifié comme une source sous-utilisée de fibres alimentaires, et il existe un grand potentiel pour produire des arabinoxylanes modifiés/non modifiés en tant que nutraceutique. Les études disponibles ont montré les effets bénéfiques pour la santé des arabinoxylanes du son de riz, tels que les propriétés immunomodulatrices, antioxydantes, anticancérigènes et antiprolifératives. Ce chapitre d'introduction résume les informations disponibles sur le son de riz, les fibres alimentaires du son de riz et leur relation avec les arabinoxylanes du son de riz et la structure de l'arabinoxylane du son de riz.

Mots clés

Fibre alimentaire - Nutraceutique - Extraction à l'eau - MGN-3 - ImunoBran

J. Kulathunga

Département des sciences végétales, programme d'études supérieures en sciences céréalières, Université d'État du Dakota du Nord, Fargo, ND, États-Unis

B. Ozsisli

Département d'ingénierie alimentaire, Université Sutcu Imam de Kahramanmaras, Kahramanmaras, Turquie

S. Simsek

Département des sciences alimentaires, Centre Whistler pour la recherche sur les glucides, Université de Purdue, West Lafayette, IN, États-Unis

e-mail: ssimsek@purdue.edu

© Le(s) auteur(s), sous licence exclusive de Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023

S. C. Pak et al. (eds.), *Arabinoxylane de son de riz modifié*,
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-5735-2_1#DOI

1.1 Riz

Les céréales représentent plus de 73 % de l'ensemble des cultures agricoles mondiales et fournissent des fibres alimentaires, de l'énergie, des protéines et d'autres composants bioactifs nécessaires à la santé humaine (Charalampopoulos et al. [2002](#)). Le riz (*Oryza sativa* L.) est une céréale majeure, et c'est un aliment de base pour plus de la moitié de la population mondiale (Wani et al. [2012](#)). Il a été rapporté que plus de 2 milliards de personnes tirent 75 % de leur apport calorique quotidien du riz dans les pays asiatiques (Roy et al. [2011](#)). Par conséquent, le riz est cultivé dans plus de 100 pays et est utilisé principalement pour la consommation alimentaire humaine (Chang [2002](#)). Le riz contient 80 % d'hydrates de carbone, 7 à 8 % de protéines, 3 % de matières grasses et 3 % de fibres (Juliano et Bechtel [1985](#)), et le grain de riz contient environ 5 % de son, dont 12 à 18,5 % d'huile (Saikia et Deka [2011](#)). L'usinage du riz produit des sous-produits/déchets de faible valeur, tels que le son et les téguments. Le son de riz est un mélange de son et de germe qui reste après l'élimination de l'enveloppe et de l'endosperme pendant l'usinage (Mccaskill et Zhang [1999](#)).

1.2 Son de Riz

Le son de riz est une bonne source de protéines, de minéraux, d'acides gras et de fibres alimentaires (Mccaskill et Zhang [1999](#)). Le son de riz représente 5 à 8 % du grain total. Il est principalement composé de l'aleurone, du péricarpe, de la couche sous aleurone et du germe (Gul et al. [2016](#)). La production mondiale de riz a été estimée à 741 millions de tonnes, dont plus de 70 millions de tonnes de son de riz extraits en 2014 (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) [2015](#)). Cependant, certaines études indiquent que le son de riz a un potentiel mondial de production d'environ 29,3 millions de tonnes par an. Le son de riz attire l'attention de la recherche pour plusieurs raisons, notamment son excellente composition en nutriments, sa facilité d'accès, son faible coût, son fort potentiel antioxydant et ses effets bénéfiques sur la santé (Sohail et al. [2017](#)). L'analyse approximative de la composition du son de riz et de ses dérivés montre que les huiles (20-29%), les glucides (20-27%) et les protéines (10-15%) sont les trois principaux composants (Taha et al. [2012](#)). En outre, le son de riz est également riche en vitamines du complexe B (Saunders [1985](#)).

Le son de riz contient des minéraux, notamment du fer, du phosphore et du magnésium, et environ 11,5 % de fibres (Oliveira et al. [2011](#)). La composition du son de riz dépend de plusieurs facteurs, dont le type de riz, les conditions climatiques et les méthodes de transformation du riz (Grist [1985](#)). Le son de riz est une excellente source de nutriments, mais il n'est pas adapté à la consommation humaine en raison du rancissement causé par la présence d'enzymes lipasiques. Au cours du broyage, les couches de son sont séparées de l'endosperme ; les cellules individuelles sont donc perturbées et les enzymes lipases entrent en contact avec les graisses et initient l'hydrolyse des graisses en acides gras libres et en glycérol (Malekian et al. [2000](#)). En outre, le son de riz ne se mastique pas bien en raison d'une éventuelle contamination par la cosse de riz. Par conséquent, on estime que 90 % du son de riz produit dans le monde est utilisé à bon marché comme matière première pour le bétail et la volaille, et que le reste est utilisé pour l'extraction de l'huile de son de riz (Schramm et al. [2007](#); Zullaikah et al. [2009](#)).

Les hémicelluloses de son de riz et les préparations à base de son de riz dégraissés ont un grand potentiel dans l'industrie alimentaire en raison de la présence de fibres, en particulier dans le développement d'aliments fonctionnels tels que les produits de boulangerie fonctionnels (Hu et al. [2009](#)). Il peut être utilisé dans la production de produits de boulangerie pauvres en matières grasses et riches en fibres (Keneddy et al. [1996](#)). En outre, sur le plan industriel, il est utilisé dans les émulsions de viande et les mélanges pour pâte à frire (Tuncel et al. [2014](#)). Le son de riz affecte les propriétés fonctionnelles des aliments telles que la texture, la gélification, l'épaississement, l'émulsification et la stabilisation de certains aliments (Dreher [1987](#); Sharma [1981](#)).

Le son de riz fermenté est utilisé comme nouveau complément alimentaire car il contient de nombreux acides aminés essentiels pour l'homme (Kim et al. [2001](#)). Différents produits alimentaires peuvent être fabriqués pour contenir 5 à 10 % de son de riz (Lebesi et Tzia [2011](#); Gordon [1989](#); Hallén et al. [2004](#); Organisation internationale de normalisation (ISO) [1998](#)). Le son de riz est considéré comme une source de fibres alimentaires sous-utilisée par rapport à d'autres sons de céréales comme le blé, le seigle et le maïs. Il est donc intéressant d'enrichir les aliments avec des fibres alimentaires provenant du son de riz en tant qu'ingrédient alimentaire en raison de son potentiel fonctionnel et nutritionnel et du fait qu'il s'agit d'une source de fibres alimentaires moins coûteuse que les autres sons de céréales (Chinma et al. [2015](#)).

1.3 Fibre alimentaire de son de riz

Les fibres alimentaires sont des polysaccharides non digestibles par les enzymes de l'intestin humain. Dans les céréales, les polysaccharides non amylacés représentent jusqu'à 75 % de la paroi cellulaire et sont principalement composés de glucomannane, de β glucane lié (1-3) et (1-4), de cellulose et d'arabinoxylanes (Pedersen et al. [2014](#)). Les fibres alimentaires du son de riz sont principalement composées de cellulose, d'hémicellulose, de lignine et de pectine (Chinma et al. [2015](#); Elleuch et al. [2011](#)). La teneur totale en fibres alimentaires du son de riz stabilisé varie de 25 à 40 % selon le produit (Carroll [1990](#)). La plupart des fibres alimentaires du son de riz sont insolubles et les fibres solubles ne représentent qu'environ 7 à 13 % (Anderson et al. [1990](#)). La recommandation pour l'apport total en fibres alimentaires est de 38 g/j et 25 g/j pour les jeunes hommes et les jeunes femmes, respectivement (Slavin [2005](#)). Il a été rapporté qu'un apport accru en fibres alimentaires a des effets bénéfiques sur plusieurs maladies chroniques. Un apport plus important en fibres alimentaires réduit la pression artérielle et le taux de cholestérol sérique et améliore la glycémie et la sensibilité à l'insuline chez les personnes diabétiques et non diabétiques. En outre, l'augmentation de la consommation de fibres alimentaires a des effets bénéfiques significatifs sur le reflux gastro-œsophagien, l'ulcère duodénal, la diverticulite, la constipation et les hémorroïdes et améliore la fonction immunitaire (Anderson et al. [2009](#)). En outre, les fibres alimentaires ont été acceptées dans la prévention et la gestion des maladies non transmissibles dans la société occidentale, car les fibres alimentaires exercent leur effet physiologique direct sur l'ensemble du tractus gastro-intestinal, en plus d'affecter les activités métaboliques. Ces mécanismes d'action sont liés à leurs propriétés physicochimiques et à leur fermentation dans le gros intestin (Guillon et Champ [2000](#)). leurs propriétés physicochimiques et à leur fermentation dans le gros intestin (Guillon et Champ [2000](#)).

1.4 Arabinoxylanes de son de riz

La teneur en arabinoxylane du son de riz est d'environ 4,84 à 8,5 % (Hashimoto et al. [1987](#)), alors qu'elle peut atteindre 10 % dans certaines études (Malathi et Devegowda [2001](#); Mansberger et al. [2014](#)). Les arabinoxylanes sont les principaux polysaccharides non amylacés présents dans les céréales et sont composés de chaînes dorsales de résidus D-xylopyranosyl liés en β -(1-4) qui peuvent être substitués par des unités α -L-arabino furanose par le biais de liaisons glycosidiques α -(1,2) et/ou α -(1,3) en tant que chaînes latérales dans le deuxième et/ou troisième positions de carbone (Courtin et al. [2000](#); Roubroeks et al. [2000](#); Zhou et al. [2010](#)). Par conséquent, il existe à la fois des résidus xylopyranosyl mono- et di-substitués en positions O-2 et O-3 et des résidus xylopyranosyl non-substitués. La majorité des substitutions de L-arabino furanose sont monomériques, tandis qu'une petite proportion de substitutions peut former de courts oligomères, composés de deux ou plusieurs résidus arabino furanose ou d'un résidu arabino furanose avec un résidu xylopyranosyl terminal (Broekaert et al. [2011](#); Saulnier et al. [2007](#)). En revanche, d'autres substitutions rares incluent la liaison d'acides glucuroniques, d'acides uroniques, de D-galactose, de D-glucose et de résidus acétyles au squelette xylopyranosyle en position O-2 et/ou O-3 (Pastell et al. [2009](#)).

Les arabinoxylanes sont classés en arabinoxylanes extractibles par l'eau ou en arabinoxylanes non extractibles par l'eau en fonction de leur solubilité. La structure des arabinoxylanes non extractibles par l'eau est différente de celle des arabinoxylanes extractibles par l'eau ; cependant, les arabinoxylanes non extractibles par l'eau sont solubilisés dans des solutions alcalines (Moza et Gujral [2017](#)). Les teneurs en arabinoxylanes de différents types de tissus et de grains de riz sont présentées dans le tableau [1.1](#).

Il a été rapporté que le son de riz contient 303 mg/100 g d'acide férulique (Jung et al. [2007](#)), ce qui pourrait affecter la solubilité des arabinoxylanes. Des rapports récents ont montré que les chaînes latérales de l'acide férulique sont estérifiées à certains résidus d'arabinose (Snelders et al. [2013](#)). La solubilité des arabinoxylanes pourrait également être affectée par l'encombrement du contenu cellulaire, qui serait dû à l'encombrement stérique (Faulds et al. [2006](#)). En revanche, plusieurs études ont montré que la solubilité de l'arabinoxylane dépendait de son degré de

Tableau 1.1 Teneurs totales en AX, WEAX et WUAX des grains de riz et de ses sous-produits (%)

Tissus/matières premières	Total AX	WEAX	WUAX	Références
Bran	4.84–5.11 8.5	0.35–0.77 0.2	4.34–4.49 8.3	Hashimoto et al. (1987) Choct (2015)
Péricarpe dégraissé	26.7	NA	NA	Wang et al. (2016)
Aleurone dégraissée	13.2	NA	NA	Wang et al. (2016)
Cosses	8.36–9.24	0.11	8.25–9.13	Hashimoto et al. (1987)
Cuisiné	0.5	NA	NA	Dodevska et al. (2013)
Céréales entières germées	2.97–6.84	NA	NA	Kim et al. (2015)
Céréales complètes	2.64	0.06	2.58	Hashimoto et al. (1987)

NA non disponible, AX arabinoxylanes, WEAX arabinoxylanes hydrosolubles, WUAX arabinoxylanes insolubles, % base poids sec

ramification (Mandalari et al. [2005](#)). Les arabinoxylanes à forte substitution en arabinose ont une solubilité plus élevée dans l'eau et vice versa. Le degré de ramification et la distribution du poids moléculaire des arabinoxylanes déterminent dans une large mesure les avantages pour la santé tels que les activités immunologiques (Li et al. [2013](#), [2015](#); Ma et al. [2017](#)). Les arabinoxylanes de faible poids moléculaire modifiés par voie enzymatique et extraits du son de riz ont des effets souhaitables sur la santé. Le MGN-3/ImunoBran est un arabinoxylane dérivé du son de riz et modifié par des enzymes d'hydrolyse du champignon shiitake (extrait de mycélium de *Lentinus edodes*) (Ooi et al. [2018](#)).

1.5 Composé d'arabinoxylane de son de riz/MGN-3/ImunoBran

La production de MGN-3/ImunoBran comprend plusieurs étapes telles que l'extraction des polysaccharides de l'hémicellulose du son de riz dégraissé, l'hydrolyse partielle des polysaccharides par les enzymes hydrolysant les hydrates de carbone obtenu à partir des champignons shiitake, et le traitement à haute température et à haute pression. Le MGN-3/ImunoBran est le polysaccharide de son de riz le plus étudié. La structure chimique du MGN-3 est présentée à la figure [1.1](#).

Le MGN-3 est un mélange naturel d'hémicelluloses, et sa structure est composée d'un squelette de xylose attaché à de l'arabinose dans sa chaîne latérale. Le poids moléculaire du composé arabinoxylane du son de riz est d'environ 30-50 kDa (Ghoneum et Matsuura [2004](#); Pérez-Martínez et al. [2015](#)). Les activités biologiques des arabinoxylanes du son de riz dépendent de leur composition en sucre, de leur poids moléculaire et de leur degré de ramification (Zhou et al. [2010](#); Mendis et al. [2017](#)). La MGN-3 a un faible poids moléculaire avec un faible rapport arabinose/xylose de 0,5 (Zhang et al. [2015](#)).

Le MGN-3 est développé et fabriqué au Japon par Daiwa Pharmaceutical Co., Ltd. et commercialisé dans le monde entier en tant que complément alimentaire non toxique sous différentes marques telles que l'ImunoBran (au niveau mondial), Lentin Plus (Japon/Asie), Ribraxx (Australie/Nouvelle-Zélande), BRM4 (États-Unis), et d'autres (ImunoBran.org [2020](#)).

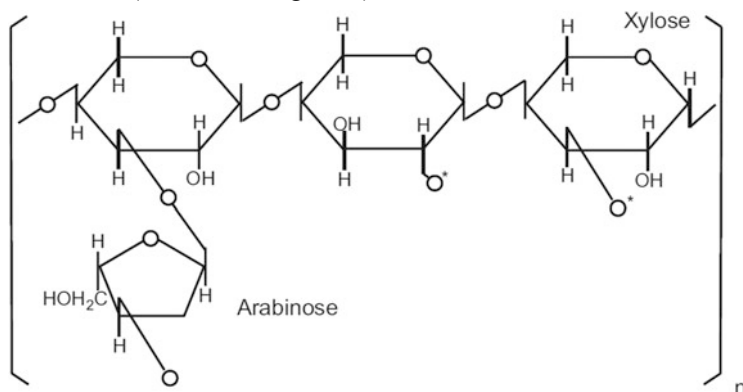


Fig. 1.1 Structure chimique du MGN-3/ImunoBran (Ghoneum [2014](#)). (Réimpression de Wheat and Rice in Disease Prevention and Health, 1ère édition, M. H. Ghoneum, Chapitre 31 - Apoptosis and Arabinoxylan Rice Bran, pp 401-408, Copyright 2014, avec l'autorisation d'Elsevier).

Le MGN-3 a été identifié comme un composé non toxique, et des études in vivo sur des modèles de porcs et de rats ont suggéré que le MGN-3 est négatif pour la mutagénicité, la génotoxicité, l'antigénicité et la toxicité subchronique (Ghoneum [2016](#)). Il a été constaté que >36 g/ kg est la dose létale 50% (LD50) pour le MGN-3 (ImunoBran Research Foundation [2013](#); Daiwa Pharmaceutical Co. Ltd [2020](#)). La sécurité du MGN-3 a été confirmée lors d'essais cliniques sur des patients cancéreux et d'analyses de la chimie du sang (Ghoneum et Matsuura [2004](#)). Le MGN-3 est connu pour avoir plusieurs effets bénéfiques sur la santé tels que des propriétés anticancéreuses, antivirales, antiprolifératives, immunomodulatrices et antioxydantes. Il semble plus efficace pour activer les macrophages en raison des différences dans la composition des sucres puisque le MGN-3 a plus de chaînes latérales de glucose (6%) et de galactose (5-7%) que les autres arabinoxylanes de céréales (Zhang et al. [2015](#)). Le MGN-3 peut activer et renforcer les fonctions du système immunitaire de l'hôte en augmentant la fonction des macrophages, des cellules tueuses naturelles, des cellules T et B, la production d'interféron-gamma (IFN- γ) et de facteur de nécrose tumorale-alpha (TNF- α) (Gollapudi et Ghoneum [2008](#)). Les propriétés anticancéreuses du MGN-3 comprennent la stimulation de l'apoptose des cellules cancéreuses in vivo, l'inhibition de la croissance tumorale chez les souris et la sensibilisation du cancer du sein humain aux agents de chimiothérapie. Le MGN-3 peut également améliorer l'activité des enzymes antioxydantes de piégeage ainsi que la réduction des radicaux libres chez les souris porteuses de tumeurs présentant des troubles antioxydants (Ghoneum et al. [2014](#)). MGN-3/ImunoBran exerce une activité antioxydante contre la peroxydation des lipides, activant le système de défense antioxydant et protégeant contre le stress oxydatif. Le MGN-3/ImunoBran pourrait être utilisé comme agent antiviral car il possède une activité anti-HIV et peut inhiber la réplication du HIV-1 par l'inhibition de la production de l'antigène p24 du HIV-1 in vitro (Ghoneum [2014](#)).

1.6 Conclusion

Le son de riz est l'un des sous-produits les plus abondants générés au cours du processus d'usinage du riz, et il suscite un intérêt croissant depuis quelques années en raison de ses bienfaits potentiels pour la santé. Le composé arabinoxylane du son de riz est une forme modifiée de l'arabinoxylane et se compose d'un squelette de xylose attaché à des monomères d'arabinose avec un poids moléculaire de 30-50 kDa. Les activités fonctionnelles et biologiques des arabinoxylanes du son de riz dépendent fortement du degré de ramification, du rapport arabinose/xylose et du poids moléculaire du composé. Les études futures devraient se concentrer sur l'étude de la structure moléculaire fine des arabinoxylanes de son de riz provenant de différentes variétés de riz et utilisant différentes enzymes. Le MGN-3 est une forme modifiée de l'arabinoxylane du son de riz, et il existe peu de recherches sur les arabinoxylanes de son de riz modifiés. La modification peut être utilisée efficacement pour améliorer les activités du MGN-3, ce qui constitue une application nouvelle et prometteuse pour le son de riz. En outre, d'autres études devraient être menées pour évaluer la relation entre sa structure et sa fonction.

Références

- Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE (1990) Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29:95-147
- Anderson JW, Baird P, Davis RHJ, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A et al (2009) Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev* 67:188-205
- ImunoBran Research Foundation (2013) The safety of ImunoBran/MGN-3. ImunoBran/MGN-3 (Rice Bran Arab Coumpound) Basic Clin Appl to Integr Med, 2nd edn. ImunoBran Research Foundation, Tokyo, pp 9-13
- ImunoBran.org (2020) ImunoBran MGN-3 - an overview [Internet]. [cited 2020 Oct 18]. <https://www.ImunoBran.org/overview>
- Broekaert WF, Courtin CM, Verbeke K, Van de Wiele T, Verstraete W, Delcours JA (2011) Prebiotic and other health-related effects of cereal-derived arabinoxylans, arabinoxylan-oligosaccharides, and xylooligosaccharides. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51:178-194
- Carroll LE (1990) Functional properties and applications of stabilized rice bran in bakery products. *Food Technol* 44:74-76
- Chang T-T (2002) Origin, domestication, and diversification. In: Smith CW, Dilday RH (eds) *Rice: origin, history, technology, and production*. Wiley, Hoboken, NJ, pp 3-26
- Charalampopoulos D, Wang R, Pandiella SS, Webb C (2002) Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *Int J Food Microbiol* 79:131-141
- Chinma CE, Ramakrishnan Y, Ilowefah M, Hanis-Syazwani M, Muhammad K (2015) Properties of cereal brans: a review. *Cereal Chem* 92:1-7
- Choct M (2015) Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Anim Prod Sci* 55:1360-1366
- Courtin CM, Van den Broeck H, Delcours JA (2000) Determination of reducing end sugar residues in oligo- and polysaccharides by gas-liquid chromatography. *J Chromatogr A* 866:97-104
- Daiwa Pharmaceutical Co. Ltd (2020) ImunoBran [Internet]. [cited 2020 Oct 18]. <https://www.daiwa-pharm.com/english/product/Biobran>
- Dodevska MS, Djordjevic BI, Sobajic SS, Miletic ID, Djordjevic PB, Dimitrijevic-Sreckovic VS (2013) Characterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chem* 141:1624-1629
- Dreher ML (1987) *Handbook of dietary fiber: an applied approach*. Marcel Dekker, New York, NY
- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H (2011) Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chem* 124:411-421
- Faulds CB, Mandalari G, Lo Curto RB, Bisignano G, Waldron KW (2006) Influence of the arabinoxylan composition on the susceptibility of mono- and dimeric ferulic acid release by *Humicola insolens* feruloyl esterases. *J Sci Food Agric* 86:1623-1630
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2015) *FAO Rice market monitor*. FAO, Rome
- Ghoneum M (2014) Apoptosis and arabinoxylan rice bran. In: Watson RR, Preedy VR, Zibadi S (eds) *Wheat and rice in disease prevention and health*. Elsevier, San Diego, pp 399-404
- Ghoneum M (2016) From bench to bedside: the growing use of arabinoxylan rice bran (MGN-3/ImunoBran) in cancer immunotherapy. *Austin Immunol* 1:1006
- Ghoneum M, Matsuura M (2004) Augmentation of macrophage phagocytosis by modified arabinoxylan rice bran (MGN-3/ImunoBran). *Int J Immunopathol Pharmacol* 17:283-292
- Ghoneum M, Badr El-Din NK, Ali DA, El-Dein MA (2014) Modified arabinoxylan from rice bran, MGN-3/ImunoBran, sensitizes metastatic breast cancer cells to paclitaxel in vitro. *Anticancer Res* 34:81-87
- Gollapudi S, Ghoneum M (2008) MGN-3/ImunoBran, modified arabinoxylan from rice bran, sensitizes human breast cancer cells to chemotherapeutic agent, daunorubicin. *Cancer Detect Prev* 32:1-6
- Gordon DT (1989) Functional properties vs. physiological action of total dietary fiber. *Cereal Foods World* 34:517-525

- Grist DH (1985) Rice, 5th edn. Longman, London
- Guillon F, Champ M (2000) Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int* 33:233–245
- Gul K, Singh AK, Jabeen R (2016) Nutraceuticals and functional foods: the foods for the future world. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56:2617–2627
- Hallén E, İbanoğlu Ş, Ainsworth P (2004) Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *J Food Eng* 63:177–184
- Hashimoto S, Shogren MD, Bolte LC, Pomeranz Y (1987) Cereal pentosans: their estimation and significance. 3. Pentosans in abraded grains and milling by-products. *Cereal Chem* 64:39–41
- Hu G, Huang S, Cao S, Ma Z (2009) Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chem* 115:839–842
- International Organization for Standardization (ISO) (1998) ISO 13299:1998 sensory analysis — methodology — general guidance for establishing a sensory profile. Geneva
- Juliano BO, Bechtel D (1985) The rice grain and its gross composition. In: Juliano BO (ed) *Rice chemistry and technology*, 2nd edn. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, pp 17–57
- Jung EH, Kim SR, Hwang IK, Ha TY (2007) Hypoglycemic effects of a phenolic acid fraction of rice bran and ferulic acid in C57BL/KsJ-db/db mice. *J Agric Food Chem* 55:9800–9804
- Keneddy LL, Chung H, Hegsted M (1996) New food product developed from rice bran fractions. IFT Annu Meet B Abstr Abstr Pap Present New Orleans, Louisiana, USA June 22–26, 1996. Institute of Food Technologists, New Orleans, LA, p 56
- Kim KM, Yu KW, Kang DH, Koh JH, Hong BS, Suh HJ (2001) Anti-stress and anti-fatigue effects of fermented rice bran. *Biosci Biotechnol Biochem* 65:2294–2296
- Kim MY, Lee SH, Jang GY, Park HJ, Li M, Kim S et al (2015) Effects of high hydrostatic pressure treatment on the enhancement of functional components of germinated rough rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chem* 166:86–92
- Lebesi DM, Tzia C (2011) Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food Bioprocess Technol* 4:710–722
- Li W, Hu H, Wang Q, Brennan CS (2013) Molecular features of wheat endosperm arabinoxylan inclusion in functional bread. *Foods* 2:225–237
- Li W, Zhang S, Smith C (2015) The molecular structure features-immune stimulatory activity of arabinoxylans derived from the pentosan fraction of wheat flour. *J Cereal Sci* 62:81–86
- Ma J, Adler L, Srzednicki G, Arcot J (2017) Quantitative determination of non-starch polysaccharides in foods using gas chromatography with flame ionization detection. *Food Chem* 220:100–107
- Malathi V, Devegowda G (2001) In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poult Sci* 80:302–305
- Malekian F, Rao RM, Prinyawiwatkul W, Marshall WE, Windhauser M, Ahmedna M (2000) Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. *LSU Agric Exp Stn Reports* 293
- Mandalari G, Faulds CB, Sancho AI, Saija A, Bisignano G, LoCurto R et al (2005) Fractionation and characterisation of arabinoxylans from brewers' spent grain and wheat bran. *J Cereal Sci* 42: 205–212
- Mansberger A, D'Amico S, Novalin S, Schmidt J, Tömösközi S, Berghofer E et al (2014) Pentosan extraction from rye bran on pilot scale for application in gluten-free products. *Food Hydrocoll* 35:606–612
- Mccaskill D, Zhang F (1999) Use of rice bran oil in foods. *Food Technol* 53:50–51
- Mendis M, Leclerc E, Simsek S (2017) Arabinoxylan hydrolyzates as immunomodulators in Caco-2 and HT-29 colon cancer cell lines. *Food Funct* 8:220–231
- Moza J, Gujral HS (2017) Influence of non-starchy polysaccharides on barley milling behavior and evaluating bioactive composition of milled fractions. *Food Chem* 218:137–143

- Oliveira MDS, Feddern V, Kupski L, Cipolatti EP, Badiale-Furlong E, de Souza-Soares LA (2011) Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state fungal fermentation. *Bioresour Technol* 102:8335–8338
- Ooi SL, McMullen D, Golombick T, Pak SC (2018) Evidence-based review of ImunoBran/MGN-3 arabinoxylan compound as a complementary therapy for conventional cancer treatment. *Integr Cancer Ther* 17:165–178
- Pastell H, Virkki L, Harju E, Tuomainen P, Tenkanen M (2009) Presence of 1→3-linked 2-O-β-d-xylopyranosyl-α-l-arabinofuranosyl side chains in cereal arabinoxylans. *Carbohydr Res* 344: 2480–2488
- Pedersen MB, Dalsgaard S, Knudsen KEB, Yu S, Lærke HN (2014) Compositional profile and variation of distillers dried grains with solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. *Anim Feed Sci Technol* 197:130–141
- Pérez-Martínez A, Valentín J, Fernández L, Hernández-Jiménez E, López-Collazo E, Zerbes P et al (2015) Arabinoxylan rice bran (MGN-3/ImunoBran) enhances natural killer cell-mediated cytotoxicity against neuroblastoma in vitro and in vivo. *Cytotherapy* 17:601–612
- Roubroeks JP, Andersson R, Åman P (2000) Structural features of (1→3),(1→4)-β-d-glucan and arabinoxylan fractions isolated from rye bran. *Carbohydr Polym* 42:3–11
- Roy P, Orikasa T, Okadome H, Nakamura N, Shiina T (2011) Processing conditions, rice properties, health and environment. *Int J Environ Res Public Health* 8:1957–1976
- Saikia D, Deka SC (2011) Cereals: from staple food to nutraceuticals. *Int Food Res J* 30:21–29
- Saulnier L, Sado P-E, Branlard G, Charmet G, Guillon F (2007) Wheat arabinoxylans: exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *J Cereal Sci* 46:261–281
- Saunders RM (1985) Rice bran: composition and potential food uses. *Food Rev Int* 1:465–495
- Schramm R, Abadie A, Hua N, Xu Z, Lima M (2007) Fractionation of the rice bran layer and quantification of vitamin E, oryzanol, protein, and rice bran saccharide. *J Biol Eng* 1:9
- Sharma SC (1981) Gums, and hydrocolloids in oil-water emulsion. *Food Technol* 35:59–67
- Slavin JL (2005) Dietary fiber and body weight. *Nutrition* 21:411–418
- Snelders J, Dornez E, Delcour JA, Courtin CM (2013) Ferulic acid content and appearance determine the antioxidant capacity of arabinoxylan oligosaccharides. *J Agric Food Chem* 61: 10173–10182
- Sohail M, Rakha A, Butt MS, Iqbal MJ, Rashid S (2017) Rice bran nutraceuticals: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57:3771–3780
- Taha FS, Mourad RM, Mohamed SS, Hashem AI (2012) Enzymatic pretreatment of stabilized rice bran with mixed enzymes: evaluation of oil. *Am J Food Technol* 7:452–469
- Tuncel NB, Yılmaz N, Kocabiyik H, Uygur A (2014) The effect of infrared stabilized rice bran substitution on physicochemical and sensory properties of pan breads: part I. *J Cereal Sci* 59: 155–161
- Wang J, Suo G, de Wit M, Boom RM, Schutyser MAI (2016) Dietary fibre enrichment from defatted rice bran by dry fractionation. *J Food Eng* 186:50–57
- Wani AA, Singh P, Shah MA, Schweiggert-Weisz U, Gul K, Wani IA (2012) Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties—a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 11:417–436
- Zhang S, Li W, Smith CJ, Musa H (2015) Cereal-derived arabinoxylans as biological response modifiers: extraction, molecular features, and immune-stimulating properties. *Crit Rev Food Sci Nutr* 55:1035–1052
- Zhou S, Liu X, Guo Y, Wang Q, Peng D, Cao L (2010) Comparison of the immunological activities of arabinoxylans from wheat bran with alkali and xylanase-aided extraction. *Carbohydr Polym* 81:784–789
- Zullaikah S, Melwita E, Ju Y-H (2009) Isolation of oryzanol from crude rice bran oil. *Bioresour Technol* 100:299–302

Partie II

Thérapeutique Propriétés

La deuxième partie vise à détailler les propriétés thérapeutiques du RBAC sur la base de preuves scientifiques issues d'études in vivo, in vitro et sur l'homme.

Le produit étudié sous le nom de BioBran/MGN-3 est identique à ImunoBran ; seule la dénomination commerciale diffère d'un pays à l'autre. En France, au Luxembourg, il est distribué sous le nom d'ImunoBran.

ImunoBran Luxembourg et France

MSA-LUX, S.à r.l.-S, Luxembourg

GSM : +352 661 666 878

e-mail : imuno@imunobran.lu

www.imunobran.lu

Droits d'auteur : toute réimpression, reproduction, duplication et distribution de cet ouvrage, y compris des parties d'illustrations, ou l'utilisation dans des conférences, ne sont pas autorisées sans l'autorisation expresse de l'auteur.