

Artículos de Reflexión

IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN EN EMPAQUES BIODEGRADABLES EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

IMPACT OF BIODEGRADABLE PACKAGING RESEARCH IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION

IMPACTO DA EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL PESQUISA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

DIANA PAOLA NAVIA P.¹, HÉCTOR SAMUEL VILLADA C.²

RESUMEN

En este artículo se describen algunas de las experiencias investigativas realizadas en la Universidad del Cauca en el campo de empaques biodegradables utilizando como materia prima los derivados del procesamiento agroindustrial de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Se abordan contenidos relacionados con la formación de talento humano, el fortalecimiento de los grupos de investigación participes, el apoyo de entidades gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR-, Colciencias y el Sistema General de Regalías, la relación con otras Instituciones de Educación Superior en Colombia y en el exterior, la participación con Centros de Desarrollo Tecnológico, organizaciones de productores e industriales que con su trabajo colaborativo han permitido consolidar y fortalecer la cadena agroindustrial de la yuca en el departamento del Cauca. Además, se describen los procesos en términos de propiedad intelectual como patentes y licenciamientos obtenidos, los cuales fortalecen el grupo de investigación “Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial –CYTBIA-”, líder en el tema de bioplásticos; y se precisa información relacionada con la creación de una “Spin Off” de Desarrollo Tecnológico e Innovación en empaques biodegradables, la cual

Recibido para evaluación: 24/04/2013. **Aprobado para publicación:** 08/02/2014

1 Magister en Ingeniería de Alimentos, Docente Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura Cali, dnavia@usbcali.edu.co

2 Doctor en Ingeniería de Alimentos, Docente Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. Popayán-Colombia

Correspondencia: dnavia@usbcali.edu.co

permite validar el impacto de los desarrollos investigativos directamente en la Ciencia, Tecnología e Innovación.

ABSTRACT

*This article describes some of the research experiences conducted at the University of Cauca in the field of biodegradable packaging as raw material derivatives agroindustrial processing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Headings are addressed related to the formation of human talent, strengthening research groups participate, support from government agencies such as the Ministry of Agriculture and Rural Development-MARD- Colciencias and General Royalties System, relations with other institutions Higher Education in Colombia and abroad, participation in technological development centers, producers and industry organizations with collaborative work have enabled us to consolidate and strengthen the agribusiness chain of cassava in Cauca department. It also describes the processes in terms of intellectual property such as patents and licensing obtained, which strengthen the research group "Science and Technology of Agro-Interest Biomolecules CYTBIA-" leader in the field of bioplastics, and related information required with the creation of a "Spin Off" Technological Development and Innovation in biodegradable, which validates the impact of research developments directly in Science, Technology and Innovation.*

RESUMO

*Este artigo descreve algumas das experiências de pesquisa realizado na Universidad e de Cauca no domínio da embalagem biodegradável como derivados de matérias primas de processamento agroindustriais de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Os títulos são abordados relacionados com a formação de talento humano, fortalecendo os grupos de pesquisa participar, o apoio de órgãos governamentais, como o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural-MADR- Colciencias e Sistema Geral do Royalties, as relações com outras instituições Ensino Superior na Colômbia e no exterior, participação em centros de desenvolvimento tecnológico, produtores e organizações da indústria com o trabalho colaborativo nos permitiram consolidar e fortalecer a cadeia do agronegócio da mandioca no departamento de Cauca. Ele também descreve os processos em termos de propriedade intelectual, como patentes e licenças obtidas, que fortalecem o grupo de pesquisa "Ciência e Tecnologia de Biomoléculas Agro-juros CYTBIA-" líder na área de bioplásticos, e informações relacionadas exigidas com a criação de um "Spin Off" Desenvolvimento Tecnológico e Inovação em biodegradável, o que valida o impacto da evolução da investigação diretamente em Ciência, Tecnologia e Inovação.*

INTRODUCCIÓN

La sociedad del conocimiento está sujeta a todos los cambios que se han venido introduciendo paulatinamente en los últimos años, por causa de la globalización. Como actores fundamentales de dicha sociedad, los

PALABRAS CLAVE:

Bioplásticos, Patente, Spin Off, Yuca.

KEYWORDS:

Bioplastics, Patent, Spin Off, Cassava.

PALAVRAS-CHAVE:

Bioplásticos, Patente, Spin Off, Mandioca.

investigadores deben contextualizarse y flexibilizarse para favorecer su adaptación con los nuevos retos en la generación de conocimiento. Las Instituciones de Educación Superior (IES), son entidades fundamentales para producir impactos positivos en las sociedades a través de sus egresados quienes tienen la posibilidad de actuar como pilares de desarrollo tecnológico en la medida en que su desempeño brinde oportunidades y soluciones en su área de trabajo.

A propósito de las oportunidades y necesidades que se suscitan a diario en las sociedades, es pertinente traer a colación la situación medio ambiental que es transversal a los diferentes campos del conocimiento, y sobre la cual se ha generado un interés progresivo en investigación por parte de los entes gubernamentales y privados en procura de evitar impactos negativos. Uno de los temas enmarcados en la problemática ambiental es el uso indiscriminado de plásticos provenientes de recursos fósiles, los cuales no son renovables y cuyas alternativas de disposición final no son amigables con el ambiente [1]. Con esta perspectiva, la Universidad del Cauca, a través del grupo de investigación CYTBIA de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ha venido incurriendo en el tema de los bioempaques obtenidos a partir de recursos agrícolas, particularmente de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para obtener materiales que puedan ser aplicados como empaques para productos alimentarios y no alimentarios.

De esta manera, el grupo CYTBIA ha desarrollado productos plásticos flexibles a partir de almidón de yuca, y plásticos semirrígidos a partir de harina de yuca, con el apoyo de otras entidades del sector público como el MADR y Colciencias y del sector privado como el Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca-CREPIC. Este trabajo conjunto, ha involucrado la participación del sector de producción primaria de la agro-cadena de la yuca, con la vinculación de asociaciones de ralladeros y productores de yuca del departamento del Cauca, como actores fundamentales en el proceso, además los productos finales obtenidos se han llevado a escala industrial para fomentar la articulación con las empresas directamente relacionadas con los desarrollos investigativos (Suprapack, Proindustrias Cauca, La 14, Supracafe, entre otras.). Lo anterior, promueve la articulación de Universidad-Empresa-Estado (UEE), o en otras palabras Universidad-Sociedad (US). Si bien, dicha articulación es necesaria, es importante afirmar que las necesidades de la academia deben ser correspondientes con las de la sociedad para lograr impactos reales en la misma.

Ahora bien, la innovación implica la implementación de los productos creados para su uso en un mercado definido [2], por ejemplo: bolsas de almacigo, recipientes para viveros, productos multicapa para industrias alimentarias de consumo masivo, entre otras aplicaciones, y es lo que en realidad, permite medir la eficiencia de un nuevo desarrollo y su impacto en la sociedad. En tal sentido, la creación de una "Spin Off" se ha convertido en un reto importante para el grupo de investigadores que actualmente continúa aunando sus esfuerzos en el campo de los empaques biodegradables elaborados con almidón y harina de yuca.

Este artículo, pretende poner en contexto los diversos momentos de construcción investigativa liderados por el grupo CYTBIA de la Universidad del Cauca en el campo de los empaques biodegradables, y las interacciones con otros colaboradores y entidades, que de una u otra manera permiten materializar el impacto en la ciencia, tecnología e innovación en Colombia.

ANTECEDENTES

En la actualidad, el consumo de plásticos convencionales obtenidos de fuentes fósiles está ocasionando graves problemas ambientales, dado que su disposición final genera acumulación en los rellenos sanitarios por su característica de no biodegradabilidad y además su cuestionable proceso de reciclaje [3, 14, 16, 19, 20, 21], contexto en el cual, el sector de empaques alimentarios, tiene gran participación, siendo necesario abordar alternativas para contribuir en la mitigación de este inconveniente ambiental. Actualmente, los materiales plásticos biopoliméricos continúan en crecimiento, datos recientes muestran que la demanda mundial por este tipo de materiales superará las 300 millones de toneladas en el año 2015 [4], creciendo más rápido que los plásticos sintéticos a base de petróleo. Esto está relacionado, con factores como el interés mundial en el uso de los recursos renovables, el constante aumento del precio del petróleo, y la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, los cuales aumentan la relevancia del uso de dichos biopolímeros en diversas aplicaciones.

El grupo de investigación CYTBIA, ha considerado la yuca como un recurso biológico promisorio para obtener las materias primas amiláceas y desarrollar los diferentes productos biodegradables, teniendo en cuenta que dicho tubérculo es uno de los cultivos con producción relevante en el departamento del Cauca

(Colombia). De otro lado, la aplicación de los materiales bioplásticos obtenidos se ha encaminado hacia los empaques, en razón a que estos representan el 40% de la producción mundial anual de plásticos (que excede los 250 millones de toneladas) [5].

El uso de harina y almidón de yuca como fuente amilácea para elaborar los bioempaques, es una alternativa importante, ya que su disponibilidad y acceso en la región del Cauca y Valle es alta. Sin embargo, para resolver algunos inconvenientes inherentes de esta materia prima, como fragilidad, inestabilidad frente a la humedad, entre otros, se requiere incorporar otro tipo de aditivos, como plastificantes, estabilizantes, materiales reforzantes como las fibras naturales [6, 7, 17, 18], para incrementar las alternativas de aplicación en la obtención de productos funcionales. La fibra de fique es por excelencia, la fibra natural producida en Colombia, y se ha incorporado como elemento de refuerzo de los bioplásticos semirrígidos con el objetivo de favorecer las propiedades funcionales del producto final obtenido, siendo además un recurso natural, beneficiando la característica biodegradable del empaque a obtener [8, 22].

El comportamiento funcional del empaque obtenido, se ve reflejado en dos propiedades importantes como la adsorción de agua, la resistencia mecánica, la permeabilidad a los gases y vapor de agua, los cuales pueden verse afectados, no solo por el origen de las materias primas usadas, sino también por las condiciones de procesamiento (temperatura y presión de compresión) y almacenamiento (temperatura y humedad relativa) [9, 15, 23, 24, 25, 27, 29, 30]. Por ello, en los desarrollos actuales del grupo CYTBIA se ha evaluado el comportamiento frente a la humedad de los bioplásticos obtenidos con diversos aditivos (agentes acoplantes, lípidos provenientes de fuentes naturales) [10, 11, 12, 13, 26, 28], también se ha considerado realizar coberturas con otros biopolímeros como hidrocoloides y estructuras anfífilas que contribuyan a la disminución de la ganancia de humedad en posteriores estudios.

De otro lado, conviene señalar que los desafíos en las investigaciones mencionadas no son posibles sin la participación proactiva de la red multidisciplinaria de profesionales involucrados en el tema, y que dicha interacción es lo que definitivamente permite que los desarrollos e innovaciones obtenidas sean exitosos. De esta manera, se destaca el trabajo colaborativo con profesionales en ingeniería de materiales, ingeniería en automática industrial, administración de empresas, economía, química, biología e ingeniería de alimentos,

entre otros, los cuales han contribuido desde su campo formativo con los ingenieros agroindustriales que han liderado el desarrollo de empaques biodegradables dentro del grupo CYTBIA, y que a su vez han logrado consolidar esta área de investigación en la Universidad del Cauca y además, han iniciado un trabajo en red con otras IES del Valle del Cauca como son la Universidad San Buenaventura de Cali y la Universidad del Valle en esta área del conocimiento.

En atención a lo expuesto, actualmente se están llevando a cabo estudios complementarios relacionados con la oferta tecnológica de la yuca y su cadena productiva con el objetivo de identificar las innovaciones tecnológicas y el monitoreo de información que permitan establecer las posibilidades de negociación de dicha oferta y la caracterización de los clientes interesados en apoyar los escalamientos de los productos y creaciones obtenidas. En este sentido, la identificación de los sectores con mayor potencialidad para establecer los planes correspondientes que permitan llevar al mercado las nuevas tecnologías, se convierte en un planteamiento necesario, el cual, puede lograrse a través de mecanismos como la "inteligencia competitiva" con la cual, es posible lograr la implementación de los productos y materializar la innovación.

Experiencias

El grupo de investigación CYTBIA lideró un programa que fue presentado y aprobado en el MADR en la "convocatoria nacional para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas" del año 2008. El programa se tituló "Uso de productos y subproductos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el desarrollo de empaques biodegradables" y contó con la participación del CREPIC. Como proyectos que conformaron el programa se citan los siguientes:

Proyecto 1: Producción y caracterización de películas flexibles biodegradables por extrusión de tornillo simple a partir de almidón de yuca, plastificante y PLA.

Proyecto 2: Producción y caracterización de empaques termoformados biodegradables a partir de harina de yuca, fibra de fique y plastificante.

Proyecto 3: Desarrollo de un empaque activo para plátano a partir de almidón modificado de yuca y capsaicina por extrusión soplado.

En el proyecto 1 se desarrollaron plásticos flexibles partiendo de almidón de yuca proveniente de siete variedades que fueron cultivadas en la zona de ladera del municipio de Mondomo (Cauca). El almidón fue gelatinizado y posteriormente mezclado con plastificantes y aditivos, agentes acoplantes y otros polímeros como el ácido poliláctico para obtener laminas flexibles usando la metodología de extrusión de monohusillo (ver figura 1). Las aplicaciones del material flexible obtenido se orientaron hacia la protección de flores o en el envasado de productos alimentarios para exportación.

El proyecto 2 se usó harina de siete variedades de yuca cultivadas en la zona plana del norte del departamento del Cauca. La harina fue mezclada con plastificantes y aditivos, y posteriormente fueron obtenidos los plásticos semirrígidos por la técnica de moldeo por compresión en caliente como se aprecia en la figura 2. Las aplicaciones de los productos se enfocaron en el empaqueo de alimentos.

Figura 1. Película flexible obtenida por extrusión.

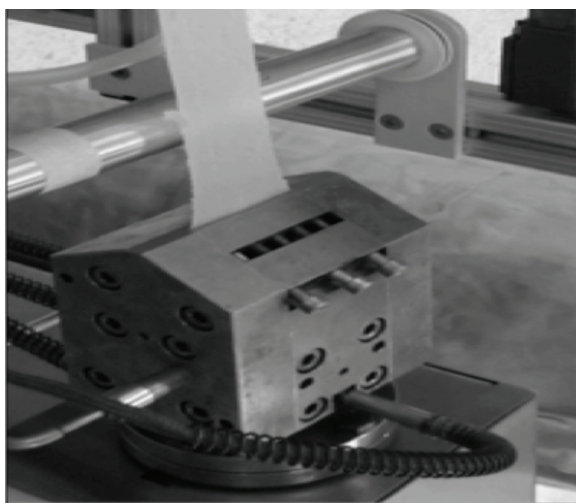
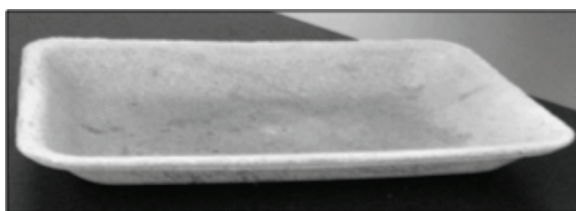


Figura 2. Bandeja obtenida por termo-compresión.



El proyecto 3, utilizó almidón proveniente de seis variedades de yuca cultivadas en la zona de ladera del municipio de Mondomo (Cauca). El objetivo de este proyecto fue incorporar en la matriz plástica flexible un componente y utilizar las bolsas bioplásticas activas (ver figura 3) como cobertura de racimos de plátano en campo. Este proyecto hizo parte del programa descrito anteriormente y a diferencia de los dos proyectos anteriores fue presentado a la “convocatoria nacional para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas, con énfasis en oferta alimentaria, 2008” con la participación de empresas como Amunorca (Asociación de Municipios del Norte del Cauca), y la Sociedad para el Desarrollo Tecnológico Agroindustrial, ambas relacionadas con el sector de producción primaria de yuca.

La pertinencia de los procesos de articulación de la US debe centrarse en las respuestas que deben darse a las demandas, necesidades y oportunidades del sector plásticos.

En consonancia con lo anterior, los proyectos 1 y 2 iniciaron de forma conjunta y simultánea con la creación de las asociaciones ASYUMOR (Asociación de Yuqueros de Morales) con productores de yuca, y ASORACA (Asociación de Rallanderos del Cauca) con transformadores de yuca. El trabajo sinérgico entre productores, transformadores e investigadores es fundamental, toda vez que promueve la participación de los actores involucrados en los diferentes contextos:

Figura 3. Soplado de bioplásticos.



siembra, cultivo y cosecha de la yuca; transformación de la yuca en almidón y harina de yuca; y producción de empaques a partir de los anteriores. Igualmente, el trabajo colaborativo con el sector industrial es absolutamente pertinente para fundamentar la innovación, por consiguiente, algunas empresas que producen plástico ubicadas en territorio antioqueño cedieron sus espacios y equipos para ejecutar los procedimientos estandarizados a nivel de laboratorio y de esta manera realizar la transferencia tecnológica para validar los desarrollos experimentales de escala piloto.

INNOVACIÓN

Los desarrollos investigativos hasta ahora comentados pueden verse de forma análoga a los componentes de una cadena agroindustrial constituida por tres eslabones: producción, transformación y comercialización. En el primero se incluyen los productores de las materias primas, en la transformación se contemplan los investigadores quienes obtienen productos terminados y finalmente, en el último eslabón es donde tiene lugar la materialización del producto, prototipo o proceso creado.

En tal sentido, el proyecto: "Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico e Innovación de Empaques Biodegradables -CCDTieb", presentado por la Universidad del Cauca y el CREPIC y financiado por Colciencias, imprime un carácter distintivo al proceso evolutivo de las investigaciones comúnmente desarrolladas en el país, ya que se pretende constituir una "Spin Off" cuya figura trascienda en distintos escenarios y se contextualice como impulsora de la actividad científica, social y empresarial en la temática de los bioplásticos y empaques biodegradables. Evidentemente, el CCDTieb tendrá carácter interdisciplinario, lo que se traduce en la participación colectiva de profesionales con formación en diferentes campos del conocimiento y a su vez podrá vincular otras instituciones cuyos intereses estén atemperados a los de la empresa.

De otra parte, a través de la creación de CCDTieb, se busca la continuidad del programa citado previamente, con el propósito de consolidar las líneas de investigación ya iniciadas e incrementar la formación de recurso humano no solo del grupo de investigación CYTBIA de la Universidad del Cauca, sino también de las entidades que a través del tiempo se vinculen y trabajen de forma colaborativa. Adicionalmente, la creación de la "Spin Off" usará los resultados de las investigacio-

nes desarrolladas para fortalecer la competitividad de la cadena agroindustrial de la yuca, y en consecuencia contribuir e impactar positivamente en el entorno.

CONCLUSIONES

Las experiencias y desarrollos alcanzados en la trayectoria investigativa liderada por el grupo de investigación CYTBIA en el tema de los bioplásticos y empaques biodegradables a partir de productos de la yuca, pone en evidencia la pertinencia del trabajo colaborativo entre las diferentes disciplinas, grupos de investigación, instituciones, gobierno y entidades del sector productivo público y privado, ratificándose como estrategia fundamental para consolidar, y dinamizar la articulación US.

El impacto de la generación de conocimiento puede validarse y materializarse a través de la creación de empresa, en donde la ciencia y la tecnología toman lugar para evidenciar la innovación y consecuentemente valorar el impacto real de los desarrollos alcanzados en la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Cauca, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Colciencias por apoyar estos procesos de investigación y desarrollo en empaques biodegradables.

REFERENCIAS

- [1] SOUZA, A., BENZE, R., FERRAO, E., DITCHFIELD, C., COEHO, A. and TADINI, C. Cassava starch biodegradable lms: Influence of glycerol and clay nanoparticles. *LWT - Food Science and Technology*, 46 (1), 2012, p. 110-117.
- [2] KOK, R. and BIEMANS, W. Creating a market-oriented product innovation process: A contingency approach. *Technovation*, 29 (8), 2009, p. 517-526.
- [3] SOROUDI, A. and JAKUBOWICZ, I. Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review. *European Polymer Journal*, 49 (10), 2013, p. 2839- 2858.
- [4] MURALI, R., SINGARAVELU, V., MANJUSRI, M., SUJATA B. and AMAR, M. Biobased plastics and bionanocomposites: Current status.

- Progress in Polymer Science, 38 (10-11), 2013, p. 1653-1689.
- [5] CHIELLINI, E. *Environmentally compatible food packaging*. 1 ed. Cambridge (England): Woodhead Publishing, 2008, 592 p.
- [6] NIRMAL, U., SINGH, N., HASHIM, J., LAU S., and JAMIL, N. On the effect of different polymer matrix and fibre treatment on single fibre pullout test using betelnut fibres. *Materials and Design*, 32 (5), 2011, p. 2717-2726.
- [7] NAM, T., OGIHARA, S., TUNG H. and KOBAYASHI, S. Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly(butylene succinate) biodegradable composites, *Composites Part B: Engineering*, 42 (6), 2011, p. 1648-1656.
- [8] NAVIA, D. *Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique [Tesis de Maestría]*. Cali (Colombia): Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, 2011, 124 p.
- [9] TSERKI, V., MATZINOS, P., KOKKOU, L. and PANAYIOTOU, C. Novel biodegradable composites based on treated lignocellulosic waste flour as filler. Part I. Surface chemical modification and characterization of waste flour. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 36 (7), 2005, p. 965-974.
- [10] NAVIA, D., AYALA, A. and VILLADA, H. Isotermas de adsorción de bioplásticos de harina de yuca moldeados por compresión. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9 (1), 2011, p. 77-87.
- [11] NAVIA, D., AYALA, A. and VILLADA, H. Modelación matemática de las isotermas de adsorción en materiales bioplásticos de harina de yuca. *Vitae*, 19 (S1), 2012, p. S423-S425.
- [12] NAVIA, D. and VILLADA, H. Modelado de las isotermas de adsorción de láminas flexibles biodegradables. *Vitae*, 19 (S1), 2012, p. S420-S422.
- [13] JIE, C., ZHOUYI, X., MAN, Z., JUN, T., FANBING, Z., MEIHUMA, S. and HANGUO X. Thermal properties and crystallization behavior of thermoplastic starch/poly(ϵ -caprolactone) composites. *Carbohydrate Polymers*, 102 (2), 2014, p. 746-754.
- [14] TEIXEIRA, E., CURVELO, A., CORRÊA, A., MARCONCINI, A., GLENN, G. and MATTOSO, L. Properties of thermoplastic starch from cassava bagasse and cassava starch and their blends with poly (lactic acid). *Industrial Crops and Products*, 37 (1), 2012, p. 61-68.
- [15] LÓPEZ, J., MUTJÉ, A., CARVALHO, A. and GIRONÉS, J. Newspaper fiber-reinforced thermoplastic starch biocomposites obtained by melt processing: Evaluation of the mechanical thermal and water sorption properties. *Industrial Crops and Products*, 44 (2), 2013, p. 300-305.
- [16] GIRONÉS, J., LÓPEZ, P., MUTJÉ, A., CARVALHO, A. and CURVELO, F. Natural fiber-reinforced thermoplastic starch composites obtained by melt processing. *Composites Science and Technology*, 72 (7), 2012, p. 858-863.
- [17] TEIXEIRA, E., PASQUINI, D., CURVELO, A., CORRADINI, E., BELGACEM, M. and DUFRESNE, A. Cassava bagasse cellulose nanofibrils reinforced thermoplastic cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 78 (3), 2009, p. 422-431.
- [18] MÜLLER, P., RENNER, K., MÓCZÓ, J., FEKETE, K. and PUKÁNSZKY, K. Thermoplastic starch/wood composites: Interfacial interactions and functional properties. *Carbohydrate Polymers*, 102 (15), 2014, p. 821-829.
- [19] PRIVAS, E., LEROUX, F. and NAVARD, P. Preparation and properties of blends composed of lignosulfonated layer double hydroxide/plasticized starch and thermoplastics. *Carbohydrate Polymers*, 96 (1), 2013, p. 91-100.
- [20] MOŃCICKI, L., MITRUS, M., WÓJTOWICZ, A., ONISZCZUK, T., REJAK, A. and JANSSEN, L. Application of extrusion-cooking for processing of thermoplastic starch (TPS). *Food Research International*. 47 (2), 2012, p. 291-299.
- [21] PRACHAYAWARAKORN, J., CHAIWATYOTHIN, S., MUEANGTA, S. and HANCHANA, A. Effect of jute and kapok fibers on properties of thermoplastic cassava starch composite. *Materials & Design*. 47 (3), 2013, p. 309-315.
- [22] LÓPEZ, O., ZARITZKY, N., GROSSMANN, M. and GARCÍA, M. Acetylated and native corn starch blend films produced by blown extrusion. *Journal of Food Engineering*. 116 (2), 2013, p. 286-297.
- [23] RAMÍREZ, M., KESTUR, G., GONZÁLEZ, R., IWAKIRI, S., MUNIZ, G. and SAHAGUN, T. Biocomposites of cassava starch-green coconut fiber: part II-Structure and properties. *Carbohydrate Polymers*, 102 (15), 2014, p. 576-583.
- [24] ZANARIAH, S., AHMAD, I., KARGARZADEH, H., ABDULLAH, I. and DUFRESNE, A. Potential of using multiscale kenaf fiber as reinforcing filler in cassava starch-kenaf biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 92 (2), 2013, p. 2299-2305.
- [25] RAMÍREZ, M., KESTUR, G., GONZÁLEZ, R., IWAKIRI, S., MUNIZ, G. and SAHAGUN, T. Study of

- the properties of biocomposites. Part I. Cassava starch-green coir fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, 86 (4), 2011, p. 1712-1722.
- [26] ORTEGA, R., JIMÉNEZ, A., TALENS, P. and CHIRALT, A. Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids*, 38 (1), 2014, p. 66-75.
- [27] OLSSON, E., HEDENQVIST, M., JOHANSSON, C. and JÄRNSTRÖM, L. Influence of citric acid and curing moisture sorption, diffusion and permeability of starch films. *Carbohydrate Polymers*, 94, (2), 2013, p. 765-772.
- [28] HEYDARI, A., ALEMZADEH, I. and VOSSOUGH, M. Functional properties of biodegradable corn starch nanocomposites for food packaging applications. *Materials & Design*, 50 (6), 2013, p. 954-961.
- [29] LÓPEZ, O., LECOT, C., ZARITZKY, N. and GARCÍA, M. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. *Journal of Food Engineering*, 105 (2), 2011, p. 254-263.
- [30] KECHICHIAN, V., DITCHFIELD, C., VEIGA, P. and TADINI, C. Natural antimicrobial ingredients incorporated in biodegradable films based on cassava starch. *LWT-Food Science and Technology*, 43, (7), 2010, p. 1088-1094.