

GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



**VANESSA BORDIN VIERA
NATIÉLI PIOVESAN
(ORGANIZADORAS)**

Atena
Editora
Ano 2021

GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



**VANESSA BORDIN VIERA
NATIÉLI PIOVESAN
(ORGANIZADORAS)**

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadoras: Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393 Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-450-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.501212009>

1. Alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin (Organizadora).
II. Piovesan, Natiéli (Organizadora). III. Título.

CDD 641.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O *e-book* “Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos” traz 10 artigos científicos com temáticas atuais como bioprospecção, compostos antioxidantes, microbiologia, gastronomia, entre outros assuntos que envolvem diversas áreas.

Convidamos todos para uma leitura visando obter conhecimento e promover reflexões sobre os temas deste *e-book*.

Vanessa Bordin Viera

Natiéli Piovesan

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A CULTURA DO FEIJÃO, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE

Priscila Dabaghi Barbosa
Cássia Ribeiro de Moura
Juliana Stoffella Zattar Coelho
Caroline Mellinger
Ligia Alves da Costa Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120091>

CAPÍTULO 2..... 19

AVALIAÇÃO SOBRE O USO DE NEMATICIDAS BIOLÓGICOS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇUCAR

Sabrina Rossafa Ramos
André Lazaro
Gian Campos
Alexandre Pinto César
Luiz Miguel de Barros
Uderlei Doniseti Silveira Covizzi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120092>

CAPÍTULO 3..... 33

BIOPROSPECÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE NOVOS MICRO-ORGANISMOS EM CONDIÇÕES ATÍPICAS

Marcelo Augusto de Souza Costa
William Renzo Cortez-Vega
Cinthia Aparecida de Andrade Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120093>

CAPÍTULO 4..... 47

DETERMINAÇÃO DE FENOIS TOTAIS E AÇÃO ANTIOXIDANTE NA FARINHA DA CASCA DA PITAYA (*Hylocereus costaricensis*)

Carolina Ayumi Tominaga Espinoza
Elaine Amorim Soares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120094>

CAPÍTULO 5..... 59

ESTUDIO DEL MODELO CINÉTICO Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS EN EL PROCESO DE SECADO CONVECTIVO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)

Alfredo Fernandez Ayma
Maryluz Cuentas Toledo
Osmar Cuentas Toledo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120095>

CAPÍTULO 6..... 73

MICROBIAL BIOMASS CARBON AND CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES UNDER IRRIGATED CROPS IN THE MATOPIBA REGION

Djavan Pinheiro Santos
Rosana Andrade Cavalcante de Castro
Eliana Paula Fernandes Brasil
Marco Aurélio Pessoa-de-Souza
Tiago Camilo Duarte
Rodrigo Gomes Branquinho
Francisco José Lino de Sousa
Alcinei Ribeiro Campos
Ana Caroline da Silva Faquim
Emiliane dos Santos Belo
Carlos Augusto Oliveira de Andrade
Gustavo Cassiano da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120096>

CAPÍTULO 7..... 85

MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS DE PRERREFRIGERACIÓN Y CONSERVACIÓN ÓPTIMAS PARA DISTINTOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Jorge Cervera Gascó
Santiago Laserna Arcas
Miguel Ángel Moreno Hidalgo
Jesús Montero Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120097>

CAPÍTULO 8..... 98

PROJETO TÓPICOS EM GASTRONOMIA: GRUPO DE ESTUDOS REMOTO

David de Andrade Cabral
Filipe Duarte Silva Dias
Giulli Pacheco de Oliveira
Juciara Silva Correa Fonseca
Julia dos Santos Azevedo
Karine Von Ahn Pinto
Luiza Medeiros da Silva
Luiz Guilherme Prospero Nunes
Tatiane Tavares Fujii
Vitoria Pivatto
Eliezer Avila Gandra
Tatiane Kuka Valente Gandra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120098>

CAPÍTULO 9..... 107

VARIABILIDADE GENÉTICA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES CULTIVADAS - 236/CAP/2013 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE HÍBRIDOS

DE MILHO PRODUZIDOS EM MATO GROSSO

Ana Paula Sampaio Morais

Alice Alves da Silva

Aline Cassiano Costa

Aline Queiroz de Freitas

Alisson Nadin

Barbara Antonia Simioni Silva

Bianca Neves de Souza Silva

Bruno Luciano Caires Ferreira

Cezar Luiz Costa Filho

Heitor Pereira Xavier

Poliana Torres Silva

Rafael Faria Villela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120099>

CAPÍTULO 10..... 116

UMA SÍNTESE DO PROCESSO BIOTECNOLÓGICO DA CERVEJA ARTESANAL

Mariana Landenberger dos Santos

Bruno Pinto Ferreira

Andresa de Toledo Triffoni-Melo

Sônia Marli Zingaretti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50121200910>

SOBRE AS ORGANIZADORAS..... 128

ÍNDICE REMISSIVO..... 129

MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS DE PRERREFRIGERACIÓN Y CONSERVACIÓN ÓPTIMAS PARA DISTINTOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 12/08/2021

Jorge Cervera Gascó

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete).

España

Universidad de Castilla-La Mancha

ORCID: 0000-0001-5287-6299

Santiago Laserna Arcas

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete).

España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

Miguel Ángel Moreno Hidalgo

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria

ETSIAM-IDR (Albacete). España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

ORCID: 0000-0002-5940-6123

Jesús Montero Martínez

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria

ETSIAM-CREA (Albacete). España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

ORCID: 0000-0002-0309-3367

RESUMEN: El objetivo general de este trabajo es el desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el proceso de diseño y dimensionado óptimo de sistemas de refrigeración (hydrocooling y cámara de conservación) de frutas y verduras, de forma que se minimice el

coste total (inversión y operación) del sistema, con especial atención a la disminución del consumo energético y de la huella de carbono del sistema. Los dos casos de estudio (cereza y brócoli) fueron bien diferenciados con ubicaciones y fechas de recolección completamente distintas con el objetivo de demostrar la funcionalidad de la herramienta ante condiciones diferenciadas. Las conclusiones reflejaron: a) Los valores de transferencia de calor deben ser más limitantes ante el actual contexto energético. b) La temperatura de salida del hydrocooling de 7/8 no es siempre la idónea. c) La rentabilidad del hydrocooling varía según cambios en el precio de la energía. d) Esta herramienta es de aplicación ante cualquier contexto energético y de costes de inversión de materiales.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética; Sistema de refrigeración; Aislante térmico.

MODELING OF REFRIGERATION SYSTEMS TO DETERMINATE THE OPTIMAL PRE-COOLING AND COOLING TEMPERATURES FOR DIFFERENT FRUITS AND VEGETABLES

ABSTRACT: The main objective of this study was the development of a Decision Support System tool (DSS) for the optimal design and dimensioning of cooling systems (hydrocooling and cooling rooms) for vegetables and fruits. It seeks to minimize the total cost of the system (investment and operation) paying special attention to the reduction of energy consumption and therefore decreasing the carbon footprint of the process. Two cases were studied (cherries and broccoli) with completely different locations

and harvesting dates with the aim of demonstrating the tool under different conditions. The results showed that limiting the heat transference values justifies the cost of investment in isolation under the current energy cost context. Regarding the traditional calculation temperature of 7/8 in precooling, it is not the most appropriate for the hydrocooling product outlet temperature. Furthermore, it is observed that the profitability of the hydrocooling is compromised with significant rises in the price of energy. However, the use of this tool allows to get the analysis of the energy costs and the investment costs of materials in any case study being applicable to other types of crops and locations.

KEYWORDS: Energy efficiency, cooling systems, Thermal isolation.

1 | INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas vías de ahorro energético y económico, así como la reducción del impacto medioambiental nace como consecuencia de los elevados precios de la energía actuales y por el compromiso con los objetivos de disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tal y como establece el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono y la gestión energética.

En las centrales hortofrutícolas se requiere la máxima atención a las condiciones higiénico-sanitarias de los alimentos y en particular a los más perecederos. Aquí es muy importante el consumo energético necesario para la conservación de los productos. La cadena del frío se ha afianzado y en estos momentos nos parece algo normal y difícil de sustituir. En los últimos años ha sufrido cambios importantes y es de esperar que en los próximos continúe modificándose y adaptándose a las nuevas necesidades (Domínguez & García, 2002).

En este caso los equipos de producción de frío utilizados para el estudio son un sistema de prerrefrigeración (Hydrocooling) y un sistema de conservación (cámara frigorífica) cuyos beneficios se explican a continuación.

El pre-enfriamiento de los productos frescos se realiza para evitar el deterioro de la calidad del producto, y por tanto para mejorar su estado de conservación, prolongando la vida final de éste. Esta fase siempre es muy importante, pero cobra mayor importancia en todos aquellos productos que tienen una elevada velocidad de respiración, así como en aquellas épocas en las que la climatología es más severa, con altas temperaturas que provocan que el producto de campo entre al almacén con temperaturas internas elevadas. Por tanto, para proporcionar el enfriamiento rápido que necesitan los productos, disminuir su transpiración y respiración y prolongar su vida postcosecha así como evitar el aumento de temperatura el hidroenfriamiento resulta idóneo para una correcta refrigeración.

El método de hydrocooling (con sistema tipo ducha), es uno de los que se utiliza con mayor frecuencia por la industria, siendo el más rápido y efectivo. Produce una refrigeración homogénea en la totalidad del producto, proporciona a la fruta u hortaliza tratada un aspecto

fresco limpio y turgente, lo que mejora su presentación comercial; también permite efectuar simultáneamente algún tratamiento germicida, añadiendo al agua el o los productos apropiados (bactericidas o fungicidas); reduce notablemente las pérdidas de peso debido a la brevedad y eficacia del proceso, pues no extrae agua de los tejidos vegetales, como ocurre con el enfriamiento por otros métodos como el aire y el vacío (Melgarejo, 2000). Además, se evita el sobredimensionado de las cámaras de conservación, ya que no tienen que eliminar el denominado “calor del campo” del producto (Brosnan & Sun, 2001).

La refrigeración previa a la carga y expedición del producto terminado será de conservación, donde se pretende mantener la calidad del producto mientras permanece en el almacén (Lamúa, 1999). El equipo frigorífico necesario para realizar tal actividad va a ser la cámara de conservación.

Los sistemas de producción de frío se han analizado en bloque, es decir, tratándose de un todo, de tal forma, que el proceso seguido por el producto tras su entrada a la industria es que pase al hydrocooling, donde se preenfía bajando la temperatura a un determinado valor, y posteriormente el producto pasa a la cámara frigorífica manteniendo la cadena de frío en todo momento. La temperatura de conservación de la cereza en la cámara frigorífica se ha establecido en 6°C, y para el brócoli en 2°C.

Para el dimensionado del sistema de prerrefrigeración el método tradicional se basa en el criterio de los 7/8 que hace referencia al tiempo requerido para que la temperatura inicial del producto disminuya 7/8 de la diferencia entre la temperatura inicial del producto y la del medio de enfriamiento. Este concepto nos dice que conforme va disminuyendo la temperatura de los productos hortofrutícolas, la velocidad de enfriamiento disminuye y aunque se aumente el tiempo del proceso, el enfriamiento logrado ya no es significativo (Becker & Fricke, 2001).

21 OBJETIVOS

El principal objetivo planteado en este estudio es el desarrollar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el proceso de diseño y dimensionado óptimo de sistemas de refrigeración (hydrocooling y cámara de conservación) de frutas y verduras. Se busca que el coste total del sistema (inversión y operación) se minimice, prestando especial atención a la disminución del consumo energético, y por lo tanto, disminución de la huella de carbono del sistema.

Los objetivos específicos planteados son: calcular los valores de transmisión de calor óptima para los casos de estudio mediante la selección óptima de espesores de aislante en las paredes, suelo y techo, y determinar la temperatura de prerrefrigeración óptima de los productos.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Localización y datos de partida

Para la realización de este estudio se han planteado dos escenarios: una central frutícola de cereza y una central hortícola de brócoli. La elección de estos productos se ha debido a la diferente ubicación que presentan, a los efectos post-recolección que presentan y a la buena disponibilidad con los métodos empleados.

Para el caso de la cereza, la central se ha ubicado en la zona norte de la provincia de Alicante (Valle de Gallinera), donde el cultivo de la cereza está muy bien implantado. La campaña de recolección de la cereza empieza en esta zona a mediados de Abril y termina a mediados de Junio. Para el dimensionamiento de las instalaciones de refrigeración, la mayor cantidad de producto registrada en un día en cámara frigorífica es de 60.000 kg y el día con mayor entrada de producto en la industria es de 30.000 kg.

La central hortícola para el brócoli se ha localizado en la provincia de Albacete. La campaña de recolección del brócoli de segunda cosecha va de mediados de agosto a finales de octubre. La mayor cantidad de producto registrada en un día en cámara frigorífica es de 95.000 kg y el día con mayor entrada de producto en la industria es de 45.000 kg.

Los datos de temperaturas medias diarias han sido obtenidos de la estación climática más cercanas a las zonas de cultivo tanto para la cereza (estación de Planes (Alicante), con coordenadas UTM X=729927, Y=4296220, altitud: 519 m) como para el brócoli (estación de Albacete, con coordenadas UTM X=599200, Y=4317150, altitud: 709 m).

Debido a la dificultad de obtener los datos de temperaturas de entrada del producto con exactitud por desconocimiento del momento de recolección se ha establecido un valor promedio teniendo en cuenta las fechas de recolección. Por tanto, el valor medio de entrada del producto a la industria para la determinación de las temperaturas de prerrefrigeración y aislamiento óptimo es de 25°C.

3.2 Cálculo de la instalación frigorífica

La instalación frigorífica se ha calculado teniendo en cuenta los volúmenes mencionados anteriormente y características del producto, tales como el calor específico (0,87 y 0,92 kcal·kg⁻¹·°C⁻¹ para la cereza y brócoli, respectivamente) y el calor de respiración del producto (1,5696 y 0,7365 kcal·kg⁻¹·día⁻¹ para la cereza y brócoli, respectivamente).

Cálculo del aislamiento de la cámara

Se han calculado las necesidades de aislante para todos los días de duración de la campaña de recolección, así como su potencia frigorífica, obteniéndose el dato más desfavorable y representativo con el que se dimensiona toda la instalación, realizando un análisis para diferentes valores de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo. Los espesores de aislante evaluados fueron los comerciales entre 60 y 200 mm. Para el

aislamiento de la cámara se ha utilizado panel sándwich relleno de poliestireno expandido en paredes y techo.

Cálculo de la potencia frigorífica

La potencia frigorífica (en kcal/h) se determina considerando las cargas térmicas de diferente origen, como son la carga térmica debida a la pérdida por transmisión de calor por paredes, techo y suelo, la carga térmica debida a las necesidades por renovación del aire, la carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración y/o congelación, la carga térmica debida a las necesidades de conservación de los productos, la carga térmica debida al calor desprendido por los ventiladores, la carga térmica debida al calor desprendido por circulación de operarios en las cámaras, la carga térmica debida a las necesidades por iluminación y la carga térmica debida a las necesidades por pérdidas diversas.

Dimensionamiento de los equipos de frío

Mediante el dato de la potencia frigorífica, se ha calculado la instalación frigorífica por compresión mecánica desarrollándose una aplicación informática que determina las condiciones termodinámicas del líquido refrigerante (R404A en este caso) para cada condición del ciclo de refrigeración. El ciclo utilizado ha sido el de Mollier. De esta manera se han dimensionado los componentes de la instalación de frío, como son el evaporador, el condensador, el compresor y la válvula de expansión.

Cálculo de los costes

Se han calculado los costes de aislante y de los equipos de producción de frío mediante la consulta de datos de la web, catálogos comerciales y empresas especializadas. El coste energético de conservación en la cámara frigorífica se ha calculado teniendo en cuenta un número de horas de funcionamiento máximo, establecido en 18 horas diarias, obteniendo las necesidades de potencia en kW·h diarias y analizando diferentes costes energéticos comprendidos entre los valores 0,2, 0,3 y 0,4 €·kW·h.

3.3 Cálculo del sistema de prerrefrigeración por hydrocooling

Para el caso del sistema de prerrefrigeración por hydrocooling, el método que se ha seguido es el propuesto por la fundación ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (Becker y Fricke, 2001). Se ha calculado el hydrocooling por compresión mecánica desarrollándose una aplicación informática que determina las condiciones termodinámicas del líquido refrigerante (R407C en este caso) para cada condición del ciclo de refrigeración. El sistema de prerrefrigeración (Hydrocooling) se ha analizado mediante dos vías. La primera de ellas tiene en cuenta el método tradicional de la temperatura de los 7/8 y la segunda de ellas tiene en cuenta la

temperatura comprendida dentro de un intervalo establecido, siendo su máximo valor la temperatura de llegada del producto y su mínimo el de conservación del producto.

El coste energético para el sistema de prerrefrigeración se ha determinado mediante la obtención del número de cargas máximo según el número de horas de funcionamiento y el tiempo estimado del proceso para la temperatura que se quiera alcanzar. Esto permite obtener la carga del hydrocooling, dependiente de su capacidad y de la entrada de producto a la industria, para una temperatura a alcanzar dada y obteniendo el tiempo (t) empleado en realizar esa carga diaria. A partir del tiempo de funcionamiento diario y de la potencia calculada del compresor, se determina la energía necesaria. Según el coste de la energía (en este estudio 0,2, 0,3 y 0,4 €·kW⁻¹·h⁻¹) obtenemos el coste energético que se produce para cada día, e integrándolo en toda la campaña, el coste energético anual.

3.4 Anualización de la inversión

La expresión utilizada para anualizar la inversión es el Capital Recovery Factor o Coste de Recuperación del Capital (CRF):

$$\text{CRF} = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (1)$$

Siendo N la vida útil considerada, e “i” la tasa de interés.

La herramienta desarrollada permite interactuar con las variables Vida Útil, Tasa de Interés, incluso con diferentes formas de financiar la inversión. Los resultados obtenidos y expuestos en esta comunicación proceden de considerar que la inversión se financia exclusivamente con fondos propios, para una vida útil de 20 años y una tasa de interés del 5%.

3.5 Coste anual de conservación del producto

El coste anual total de conservación de los productos (cereza y brócoli) se calcula como la suma de los costes de inversión anualizados más los costes energéticos de la prerrefrigeración y de conservación en la cámara.

3.6 Herramienta informática

Toda esta metodología de cálculo se ha implementado en una aplicación informática, de momento en EXCEL® (de Microsoft Inc.), pero se podría programar en MATLAB® (de MathWorks Inc.), con el fin de que sea una herramienta fácil de manejar, versátil, en un entorno amigable, que permita analizar y optimizar el proceso de conservación por refrigeración de frutas y hortalizas, para cualquier producto, en cualquier localización y con diferentes condiciones de conservación.

4 | RESULTADOS

4.1 Determinación de los espesores de aislamiento óptimos

Para la determinación de los espesores de aislamiento óptimos se han analizado los valores de pérdidas de calor en paredes, suelo y techo comprendidos entre 3 y 14 kcal·h⁻¹·m⁻² para la cereza y 3 y 16 kcal·h⁻¹·m⁻² para el brócoli. Se busca el valor óptimo de pérdidas de calor que minimiza el coste total (inversión y operación) de la cámara frigorífica. En la figura 2 se ha representado la evolución de los costes anuales totales para la conservación del brócoli, junto a los costes unitarios del aislamiento, de los equipos de frío y de la energía (considerando un precio de la energía de 0,2 €·kW⁻¹·h⁻¹), todo ello función de las pérdidas de calor consideradas. Se comprueba cómo conforme aumentan las pérdidas de calor, el coste en aislamiento disminuye, pues resultan, lógicamente, espesores de aislantes menores. Por el contrario, conforme aumentan las pérdidas consideradas, aumentan los costes de los equipos de frío y los gastos energéticos. Globalmente, el coste mínimo, para el caso del brócoli, se consigue con un dimensionamiento de aislante que provoca unas pérdidas de calor de 9 kcal·h⁻¹·m⁻². El espesor de aislante resultante para estas pérdidas es el mínimo, 0,06 m, para paredes y suelo, y 0,1 m para el techo.

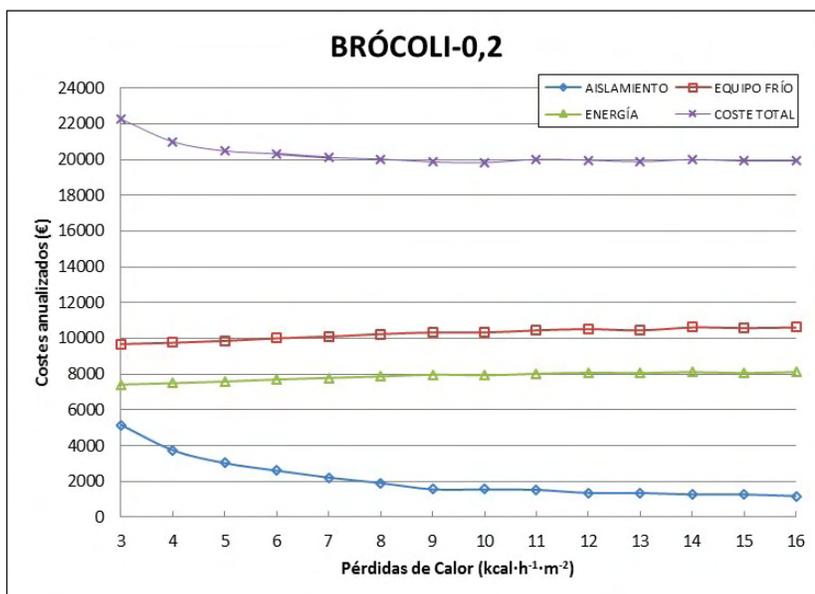


Figura 2. Evolución de los costes de aislamiento, de equipos de frío, energéticos y totales, para la conservación del brócoli, en función de las pérdidas de calor permitidas, y para un precio de la energía de 0,2 €·kW⁻¹·h⁻¹.

Los costes totales son mayores cuando las pérdidas de calor son muy pequeñas, pues son necesarios mayores espesores de aislantes, lo cual lleva a la conclusión que

no es óptimo aislar las cámaras al máximo para reducir las pérdidas de calor al mínimo. A partir de unas pérdidas de 8-9 kcal·h⁻¹·m⁻² los costes totales se mantienen más o menos constantes. De los tres componentes del coste total, el coste de inversión de los equipos de frío es el más importante en cuanto valor absoluto, seguido del coste energético. Sin embargo, es el coste del aislamiento el más sensible respecto al coste total, ya que, para pequeños valores de pérdidas, el aumento en ambos casos es considerable.

En las figuras 3 y 4 se han representado los costes anuales totales de conservación de ambos productos, brócoli y cereza, en función de las pérdidas de calor por paredes, suelo y techo y para los tres precios de la energía considerados. Para ambos productos, la tendencia es similar, comprobando como se produce un descenso continuo del coste de conservación en la cámara, para los diferentes valores del precio de la energía, conforme aumentan las pérdidas de calor por paredes, suelo y techo, desde 3 hasta 8 kcal·h⁻¹·m⁻², en el caso de la cereza, y hasta 9 kcal·h⁻¹·m⁻² en el caso de brócoli. A partir de estos valores, que se consideran los óptimos, los costes se mantienen prácticamente constantes hasta los valores máximos de pérdidas considerados.

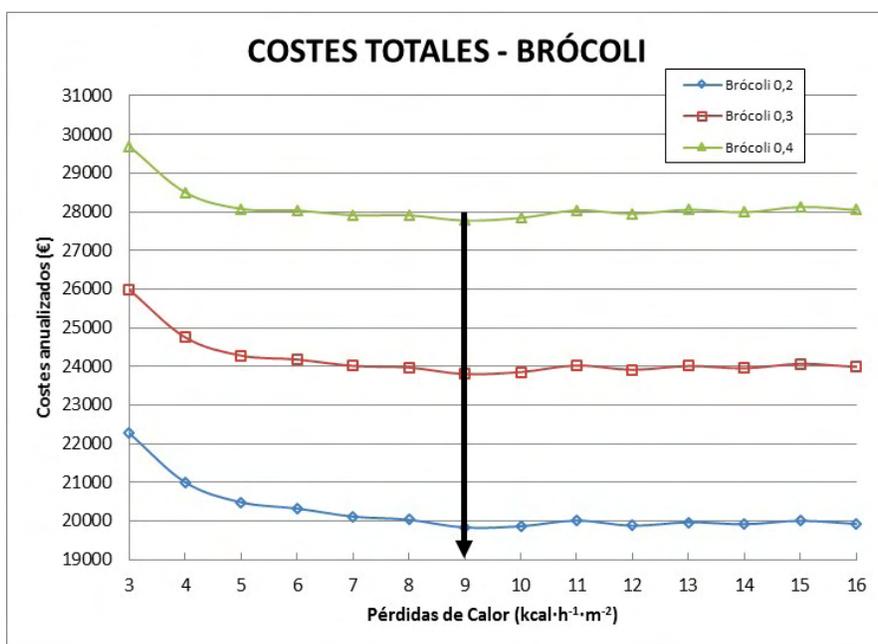


Figura 3. Valor óptimo de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo en cámara de conservación de brócoli.

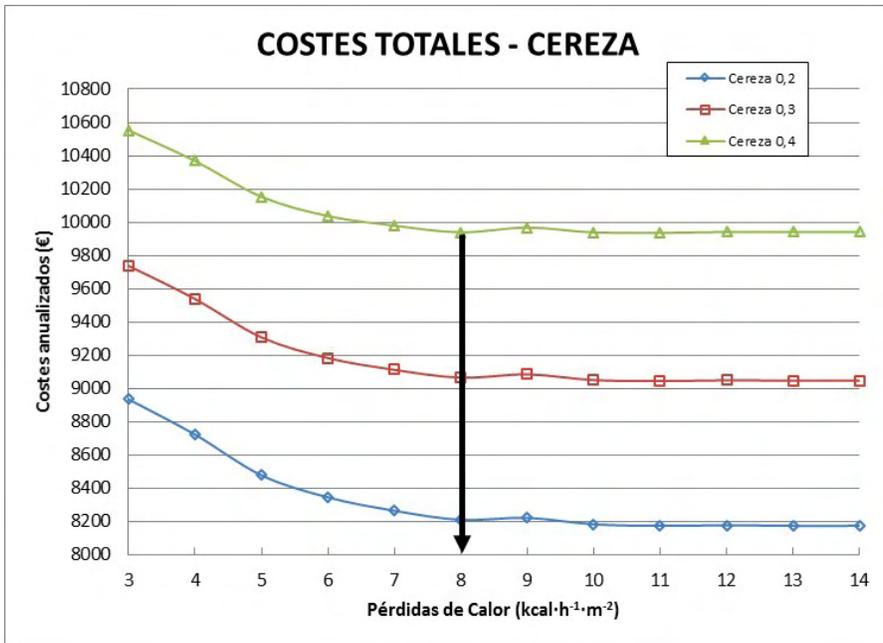


Figura 4. Valor óptimo de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo en cámara de conservación de cereza.

4.2 Determinación de las temperaturas de prerrefrigeración óptimas

Buscando cual es la temperatura de prerrefrigeración óptima (t^a de salida del hydrocooling = t^a de entrada en la cámara de conservación) que minimiza el coste total de conservación de los productos, se ha aplicado el modelo. Se han considerado las cámaras de conservación calculadas con los espesores de aislante que se han obtenido como óptimos según el apartado anterior.

En las figuras 5 y 6 se ha representado la evolución de los costes de conservación en función de la temperatura de prerrefrigeración o temperatura de entrada a la cámara, para ambos productos y con los diferentes precios de la energía. Se han marcado en las figuras la situación de no hydrocooling, así como la temperatura con los costes mínimos y la temperatura de los 7/8, que en el caso del brócoli corresponde a 4°C y para la cereza, 8,4°C.

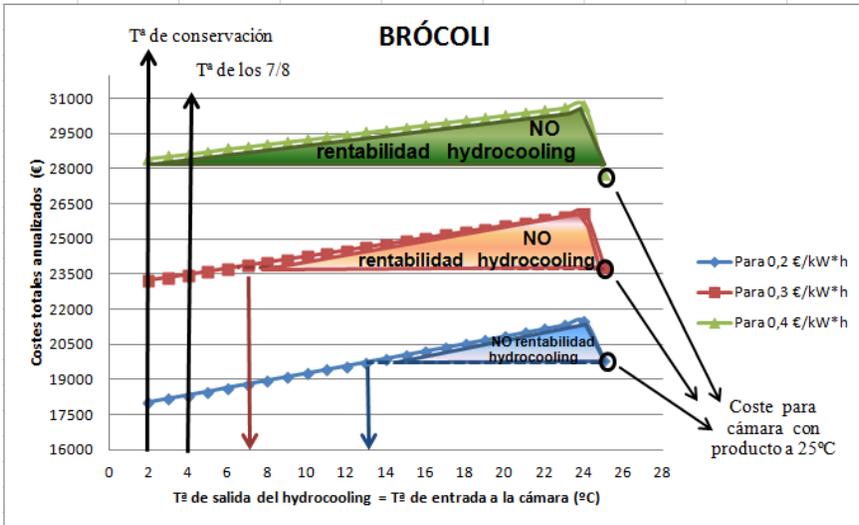


Figura 5. Análisis de las temperaturas óptimas de prerrefrigeración para el brócoli.

En el caso del brócoli, y para un precio de la energía de $0,2 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, el hydrocooling es rentable siempre que la temperatura de prerrefrigeración sea menor o igual a 13°C . Para temperaturas superiores los costes son superiores a la situación de no existencia de hydrocooling. Además, el coste mínimo no se obtiene con la temperatura de los 7/8, sino con la temperatura de conservación en la cámara de 2°C . Los ahorros obtenidos han sido de $352,5 \text{ €}$ representando el $1,95\%$ respecto al modelo tradicional de diseño de los 7/8.

Para el caso de $0,3 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, al aumentar el precio de la energía limita las posibilidades de tener un sistema de preenfriado. Resulta rentable tener en nuestra instalación un hydrocooling hasta una temperatura de salida del hydrocooling y de entrada a la cámara de 6°C , ya que a partir de este valor no interesa tenerlo porque los costes son superiores a los de tener una cámara frigorífica únicamente. Los ahorros obtenidos han sido de $354,72 \text{ €}$ representando el $1,50\%$ respecto al modelo tradicional.

Para el caso de $0,4 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, al aumentar mucho el precio de la energía, no resulta rentable tener en la instalación un sistema de preenfriado (Hydrocooling), ya que para cualquier temperatura de prerrefrigeración se supera los costes respecto a tener una cámara frigorífica únicamente.

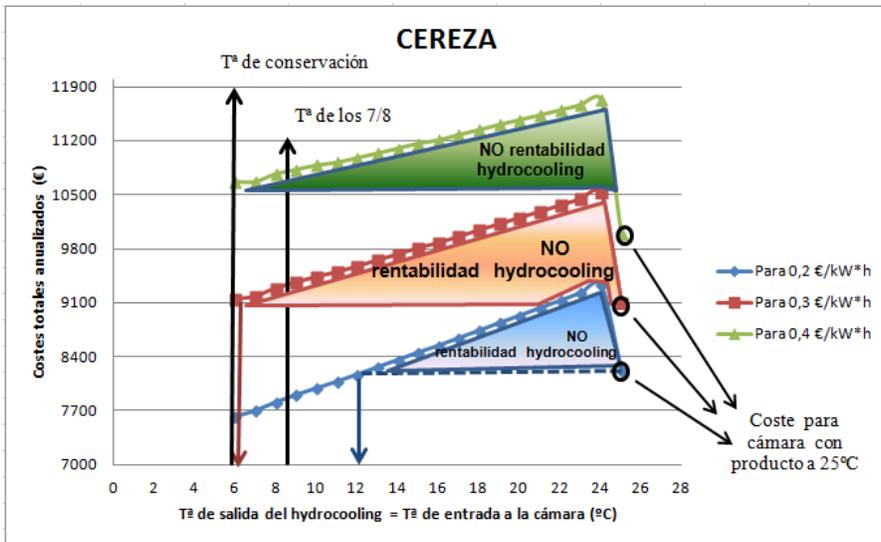


Figura 6. Análisis de las temperaturas óptimas de prerrefrigeración para la cereza.

En el caso de la cereza, y para un precio de la energía de $0,2 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, el hydrocooling es rentable siempre que la temperatura de prerrefrigeración sea menor o igual a 12°C . El coste mínimo no se obtiene con la temperatura de los 7/8, sino con la temperatura de conservación en la cámara de 6°C . Los ahorros obtenidos han sido de 172 € representando el $2,2 \%$ respecto al modelo tradicional. Para el caso de $0,3 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, se podría prescindir de tener el sistema de preenfriado, ya que prácticamente el coste se iguala con el de la cámara frigorífica. Para el caso de $0,4 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, al igual que pasa con el brócoli, no resulta rentable tener en la instalación un sistema de preenfriado con hydrocooling.

Lo anteriormente descrito nos indica que los costes de equipos de cámara frigorífica son muy altos. También hay unas demandas altas de energía tanto en el sistema de preenfriado como en la cámara frigorífica. Conforme el precio de la energía aumenta, los costes de la energía en los dos sistemas de producción de frío superan ampliamente los costes de equipos y los otros costes con una subida muy pronunciada. Este comportamiento se justifica puesto que el sistema hydrocooling consume una gran cantidad de energía para extraer el calor necesario del producto para llevarlo a una temperatura adecuada para su almacenamiento en un tiempo muy reducido, con el consiguiente beneficio de cara a la calidad del producto. La cámara conlleva un elevado coste de inversión, pero en el caso de tener que enfriar el producto desde la temperatura de entrada hasta la de conservación, el tamaño de los equipos de refrigeración se incrementaría elevando el coste en equipos.

Así, el coste energético es una variable clave al analizar la viabilidad de inclusión de un sistema de prerrefrigeración. En caso del coste energético actual, que se puede estimar

en $0,2 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, es aconsejable contar con un hydrocooling, de forma que la inversión en este equipo se pueda ver compensada con la menor inversión en equipos en la cámara. Además, el producto se enfría de forma rápida mejorando su calidad de almacenamiento. Sin embargo, cuando se incrementa el coste energético ($0,3\text{-}0,4 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) la viabilidad de instalación de este tipo de equipo de prerrefrigeración se ve comprometida, ya que, al enfriar en un periodo de tiempo muy corto, el consumo energético es elevado, y por lo tanto su coste.

En caso de disponer de sistemas hydrocooling, la opción más económica, en cualquier caso, es llevar el producto hasta la temperatura de conservación en cámara, y no como se venía haciendo hasta ahora de considerar la temperatura de 7/8. Es decir, que es preferible, una vez decididos a hacer la inversión en este tipo de sistemas, disponer de un hydrocooling potente que permita disminuir la temperatura del producto hasta la de conservación.

5 | CONCLUSIONES

La herramienta desarrollada ha resultado muy útil en cuanto a los objetivos planteados y se han obtenido resultados muy positivos y concluyentes acerca del comportamiento de los sistemas de frío analizados, por una parte, con un sistema de preenfriado (hydrocooling) previo a la entrada de producto a la cámara de conservación y, por otra parte, de la propia cámara de conservación. El modelo es aplicable a cualquier producto hortofrutícola que necesite refrigeración y para cualquier localización.

En primer lugar, se ha puesto de manifiesto que es esencial hacer un análisis exhaustivo para determinar las pérdidas de calor por paredes suelo y techo, considerando no sólo los aspectos de inversión, sino los derivados del consumo de energía. En los casos estudiados, ha resultado óptimo contemplar unas pérdidas de calor por paredes, suelos y techo alrededor de $8\text{-}9 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$.

Se ha estudiado la rentabilidad de tener un sistema de preenfriado (hydrocooling). El sistema de preenfriado demanda unas elevadas cantidades de energía y, por tanto, ante subidas importantes en el precio de la energía no resulta rentable.

Se ha observado que el método tradicional de cálculo de la temperatura de salida del hydrocooling, los 7/8, no es la más adecuada, ya que es preferible que la temperatura de salida del hydrocooling sea la de conservación en cámara, de tal forma que el hydrocooling trabaje al máximo posible para bajar la temperatura del producto desde su entrada hasta la de conservación en la cámara frigorífica. De este modo evitaremos el sobredimensionado de los equipos de la cámara.

No se han considerado los beneficios obtenidos al instalar un sistema de prerrefrigeración derivados del incremento de la calidad del producto, lo que en muchas ocasiones determina el requerimiento de este tipo de sistemas. En todo caso, con esta

herramienta se pueden incluir nuevas variables para nuevos escenarios.

REFERENCIAS

Becker, B.R., & Fricke, B.A. (2001). **Hydrocooling time estimation methods. Mechanical Engineering.** University of Missouri-Kansas City.

Brosnan, T., & Sun, D. (2001). **Precooling techniques and applications for horticultural Products.** International Journal of Refrigeration, 24,154-170.

Domínguez, M., & García, C. (2002). **La distribución a temperatura controlada de productos perecederos en Europa.** Alimentación, 169, 45-48.

Lamúa, M. (1999). **Aplicación del frío a los alimentos.** Ed. AMV.

Melgarejo, P. (2000). **Cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido.** Ed. AMV.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aguaymanto 59, 60, 61, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72

Aislante térmico 85

Alimentos 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 48, 49, 57, 63, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 86, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 108, 117, 123, 124, 127, 128

Antioxidante 6, 47, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 72, 116, 121, 124

Atividade antioxidante 6, 47, 48, 54, 56, 57, 58

B

Bandinha de feijão 1, 4, 5, 11, 14, 17

Bioindicators 74

Biotecnologia 116

C

Cana-de-açúcar 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44, 45, 74

Cinética de secado 59, 61, 64, 65, 72

Classificação 1, 3, 4, 82, 108

Compostos fenólicos 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Covid-19 99, 100

D

Difusividad efectiva 59, 60, 67, 70

E

Eficiencia energética 85

Emergência 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Empratamento 99, 100, 103

Ensino remoto 99

F

Farinha da casca da pitaya 47, 49, 50, 52, 54, 56, 57

Fermentação 7, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 99, 100, 103, 104, 106, 116, 119, 120, 122, 123

Fotografia 99, 100, 101, 102, 103, 105

G

Germinação 101, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 120

L

Leguminosa 1, 2, 3, 9

M

Microrganismos isolados 34

Modelamiento 59

N

Napier grass 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82

Nematicidas 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31

Nematoídes 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31

P

Phaseolus vulgaris L 1, 2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18

Polifenóis 6, 7, 48, 49, 116, 123, 124

Produtividade agrícola 19, 20, 21, 24

Propiedades geométricas 59, 60, 63

Q

Qualidade fisiológica 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115

S

Saccharomyces cerevisiae 33, 34, 45, 46, 119, 120, 126

Sistema de refrigeración 85

Soil quality 74, 77, 80

V

Valor nutricional 1, 3, 6, 59

Z

Zea mays L. 107, 108, 109

GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



-  www.arenaeditora.com.br
-  contato@arenaeditora.com.br
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  www.facebook.com/arenaeditora.com.br

GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



-  www.arenaeditora.com.br
-  contato@arenaeditora.com.br
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  www.facebook.com/arenaeditora.com.br