



UNIVERSIDAD DE TALCA
INSTITUTO DE INNOVACIÓN BASADA EN CIENCIA
MAGÍSTER EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

Nuevas tecnologías para la reducción de la carga microbiológica en la etapa de acondicionamiento de trigo (*Triticum aestivum* o *T. vulgare*) en reemplazo del uso de químicos antimicrobianos.

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**

Alumna: Roxana Mariela Pereira Montecino.

Profesor Guía: Ernesto Labra Lillo.

Talca – Chile

2020

Nuevas tecnologías para la reducción de la carga microbiológica en la etapa de acondicionamiento de trigo (*Triticum aestivum* o *T. vulgare*) en reemplazo del uso de químicos antimicrobianos.

New technologies for the reduction of the microbiological load in the wheat conditioning stage (*Triticum aestivum* or *T. vulgare*) in replacement of the use of antimicrobial chemicals.

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2020

INDICE GENERAL

1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	8
3. OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GENERAL.	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. ESTADO DEL ARTE	11
4.1 IMPORTANCIA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO.	11
4.2 LA INDUSTRIA MOLINERA TRIGUERA EN CHILE.	13
5. DISEÑO METODOLOGICO	16
5.1 IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA MICROBIOLÓGICA.....	16
5.2 VALORIZACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.	19
5.3 SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE TECNOLOGÍAS VALORIZADAS.	24
6. RESULTADOS	25
6.1 IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES.....	25
6.2 VALORIZACIÓN, SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE LA(S) TECNOLOGÍA(S).	44

7. CONCLUSIONES	49
8. BIBLIOGRAFÍA	52
9. ANEXOS	62
Anexo 1: Métodos y tecnologías actuales utilizados para la conservación de granos de cereales.....	62
Anexo 2.1: Capacidad molinera por regiones en Chile.....	64
Anexo 2.2: Capacidad molinera por regiones.....	64
Anexo 3: Equipo de desinfección de granos por radiofrecuencia.....	65
Anexo 4: Equipo de desinfección de granos y cereales por microondas.....	66
Anexo 5: Equipo de desinfección con vapor sobrecalentado y ultrasonido...	67
Anexo 6: Túnel ultravioleta.....	68
Anexo 7: Links con información técnica de túnel luz ultravioleta:.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Palabras claves para el caso de la Investigación	17
Tabla 2: Ecuaciones de búsqueda empleadas para la base de datos Scopus, período 2009 a 2019.....	17
Tabla 3: Ecuaciones de búsqueda a aplicar en la base de datos Patent Inspiration desde 2009 a 2019.	19
Tabla 4: Variables esenciales y criterios de evaluación, para evaluar la factibilidad de reemplazo tecnológico.	20
Tabla 5: Variables facultativas y criterios de evaluación, de la factibilidad de reemplazo tecnológico.....	22
Tabla 6: Criterios de selección de la tecnología.	25
Tabla 7: Resultados de búsqueda en las bases de datos Scopus desde 2009 a 2019.	26
Tabla 8: Número de patentes identificadas en la búsqueda en la base de datos Patent Inspirations. Período 2009 - 2019.....	30
Tabla 9: Descripción de las tecnologías identificadas.	32
Tabla 10: Resultados de la valorización fase 1 (variables esenciales u obligatorias).	46
Tabla 11: Resultados de valorización fase 2 (variables facultativas).....	48

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Resultados de documentos publicados en base de datos Scopus utilizando ecuación 1.	28
Gráfica 2: documentos publicados en base de datos Scopus por área de interés, período 2009-2019.	29
Gráfica 3: Cantidad de solicitudes de patentes registradas en base de datos Patent Inspiration. Ecuación 3, período 2009-2019.	31

1. RESUMEN

Algunos autores han estudiado la distribución de microorganismos en los granos de trigo y han encontrado que las bacterias y hongos se concentran en la superficie. El acondicionamiento es una etapa previa a la molienda del trigo, la cual es realizada en presencia de agua. Los métodos actuales incorporan en esta etapa, compuestos químicos para la desinfección del cereal, logrando con ello la reducción de la carga microbiológica. El compuesto químico más empleado es el hipoclorito de sodio, el que se caracteriza por su bajo costo y fácil utilización, sin embargo, se plantean preocupaciones debido a la generación de residuos tóxicos después del tratamiento en los granos. Por ello, este proyecto identifica, valoriza y selecciona nuevas tecnologías que puedan reducir con éxito la carga microbiana, sin generar compuestos tóxicos. Para lo anterior, se utilizó vigilancia tecnológica, revisando bases de datos científicas y de patentes, logrando identificar 10 nuevas tecnologías, las que fueron analizadas y valorizadas a través de un conjunto de variables críticas, llegando a determinar que las tecnologías de Ultra sonido y de Luz ultravioleta, son las más adecuadas para adoptar en la industria molinera, ya que cumplen con los requisitos de ser inocuas y amigables con el medio ambiente.

Summary.

Some authors have studied the distribution of microorganisms within wheat grains and have found that most bacteria and molds are concentrated on the surface. Conditioning is a stage prior to milling wheat, which is carried out in the presence of water. Current methods incorporate at this stage, chemical compounds for wheat disinfection, thereby achieving the consequent reduction

of microorganisms. The most commonly used chemical compound is Chlorine, which is characterized by its low cost and easy use, however, concerns are raised due to the generation of toxic by-products, flavors and odors after treatment. Therefore, this project identifies, evaluates and selects novel technologies that can successfully reduce the microbial load, without generating toxic compounds. For the above, the technological surveillance tool was used and with the use of scientific and patent databases. It was possible to identify 10 new technologies, which once valued through an evaluation of different key variables, it was determined that ultrasound and ultraviolet light technologies are the most appropriate technologies to implement in the national mill industry, since these meet the requirements of being safe, environmentally friendly and suitable for local companies.

Palabras Claves.

Reducción carga microbiológica, inactivación microbiana, descontaminación, tecnologías emergentes, industria molinera, trigo.

Keywords.

Microbiological load reduction, microbial inactivation, decontamination, emerging technologies, mill industry, wheat.

2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas del sector alimentario están siendo afectadas por la gran competencia global, en la cual ya no solo priman los precios bajos, la calidad y la inocuidad, sino también la capacidad de innovación que tenga la compañía para poder introducir nuevos o mejorados productos o servicios. Para lograr este desafío, se hace necesario un cambio organizacional, que involucre mejoras en los procesos para atender de una forma más adecuada las necesidades y deseos de los clientes, consiguiendo así la permanencia en el mercado a través del incremento de su competitividad (Tapias, 2005).

Dentro del sector alimentario, la industria molinera de trigo nacional, ocupa parte importante de la producción destinada al mercado local, abasteciéndose fundamentalmente de granos provenientes de mercados internacionales y la producción chilena. En general, este cereal trae una carga inicial microbiológica la que al pasar por la etapa de acondicionamiento, se incrementa en forma exponencial. Para reducir este problema, la industria molinera utiliza, hipoclorito u ozono.

Debido a su capacidad oxidante, los métodos basados en cloro, son ampliamente utilizados para la desinfección de productos alimenticios y el control microbiano. Esta técnica es de bajo costo y fácil utilización, sin embargo, se plantean preocupaciones debido a la generación de subproductos tóxicos, así como sabores y olores extraños después del tratamiento (Richardson, et al., 1998; Virto, et al., 2005). Esto último, sumado a la necesidad de reducir las emisiones ambientales de cloro, ha llevado a la consideración de alternativas no cloradas como reemplazo.

Otro producto utilizado para la reducción de la carga microbiológica es el ozono, el que se ha vuelto cada vez más importante desde que obtuvo el estado GRAS, “generalmente reconocido como seguro”, (Graham, et al., 1997), junto

con la aprobación obtenida por parte de la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) como un aditivo alimentario directo, secundario y agente antimicrobiano para todos los tipos de alimentos (O'Donnell, et al., 2012). Sin embargo, su alto poder oxidante podría corroer y disminuir la vida útil de equipos y sistemas de transporte dentro del proceso de molinería, así como su costo para el tratamiento es relativamente alto debido a la compleja tecnología de aplicación (Greene, et al., 2012).

A pesar que estas tecnologías controlan el deterioro microbiano del trigo reduciendo con éxito la carga microbiana, pueden afectar negativamente la calidad y las propiedades de los cereales, así como generar impactos ambientales adversos, afectar los equipos y dañar la salud de los consumidores.

Por lo anterior, este estudio busca contribuir a este desafío por medio de la identificación, evaluación y selección de nuevas tecnologías, así como la entrega de recomendaciones para la industria molinera nacional, sobre aquellas alternativas que sean rápidas, económicamente apropiadas y que generen productos de calidad e inocuos para la salud de los consumidores y el medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

3.1.1 Identificar, valorizar y seleccionar nuevas tecnologías para la reducción de la carga microbiológica en la etapa de acondicionamiento de trigo (*Triticum aestivum* o *T. vulgare*) en reemplazo del uso de químicos antimicrobianos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

3.2.1 Identificar las tecnologías disponibles para la reducción de carga microbiológica, en la etapa de acondicionamiento de trigo.

3.2.2 Valorizar las tecnologías identificadas que reducen la carga microbiológica, para la industria molinera nacional.

3.2.3 Seleccionar y elaborar recomendaciones para la adopción de nuevas tecnologías en reemplazo al uso de químicos en la etapa de acondicionamiento de trigo.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 IMPORTANCIA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO.

El cambio tecnológico tiene un papel relevante que desempeñar en la transición hacia una industria sostenible. El cambio tecnológico no sólo modifica naturaleza de los bienes, servicios, mercados, sino también las prácticas empresariales y la forma de competir de las empresas (Hallberg, et al., 2003). Cada patrón tecnológico, característico de los paradigmas, conduce no sólo a cambios en productos y en los modos de producir, sino también en la forma de competir y de interacción de las empresas con su entorno.

Ese universo de transformaciones involucra nuevos productos, cambios en la organización de la producción, un nuevo modelo de gestión y organización empresarial, nuevas formas de comercialización, reconcepción de las escalas óptimas de producción, nuevas industrias y actividades económicas, nuevo patrón de localización geográfica de la inversión; en fin, nuevas relaciones y prácticas sociales (Pérez, 1986, 2010).

Las empresas, en particular, no sólo deben poseer capacidades técnicas para generar los bienes y servicios con los requerimientos del mercado (precio, calidad, flexibilidad, oportunidad, etc.), sino que deben poseer las competencias para producir estos productos y responder de manera eficiente y oportuna a los cambios del entorno (Tapias, 2005).

El contenido de conocimiento incorporado en bienes y servicios y, la diversidad de fuentes, se ha incrementado haciendo cada vez más complejo los procesos de producción. La velocidad de esos cambios y la rápida acumulación de conocimientos comprometen la competitividad de las empresas, siendo frecuente que fallen en la incorporación o generación de nuevos conocimientos que le sustentan (Hallberg, et al., 2003). En consecuencia, las compañías para mantenerse competitivas, deben acumular continuamente capacidades y

competencias, con el fin de construir ventajas competitivas y ganar posiciones frente a sus competidores (Morcillo, 2006).

Dichas capacidades y competencias claves, se sustentan en los activos intangibles con que cuenta una empresa, los cuales permiten generar procesos continuos de innovación (Labra, 2013) gracias a disponer de recursos y habilidades de observación, aprendizaje y reconfiguración permanente, en lo que se ha definido como cultura de innovación (Morcillo, 2006). A nivel operativo, son estas capacidades las que habilitan a la empresa para: identificar necesidades y oportunidades tecnológicas; identificar proveedores; evaluar, seleccionar y negociar las tecnologías que se requieren; diseñar, equipar y construir nuevas instalaciones productivas; operar, mantener, adaptar y mejorar las tecnologías que se usan; identificar oportunidades de desarrollo de nuevos productos y procesos; planear el desarrollo tecnológico, formular y gestionar los proyectos apropiados, entre muchas otras actividades requeridas para producir cambios y hacer uso efectivo de la tecnología (Tapias, 2005).

A pesar de ser conocidos estos determinantes de la competitividad, muchas empresas se mantienen ancladas en viejos paradigmas, lo que se asocia a determinados sectores industriales, cultura organizacional y territorios (sistemas locales de innovación). En el caso de Chile, la décima encuesta de innovación en las empresas 2015-2016 (INE, 2018), señala que el país no logra avanzar en sus tasas de innovación, donde sólo el **15,1** % de las empresas innovan. Aquellas que impulsan estos procesos, lo desarrollan principalmente in-house (79,4% y 74,5% innovación de producto y de proceso respectivamente), con el objetivo de mejorar la calidad de bienes y servicios (75,9%), seguido por la ampliación de la gama de bienes y servicios (59%). Respecto de las fuentes de información de las empresas, éstas utilizan información fundamentalmente internas y del mercado (clientes y proveedores), por sobre las provenientes de instituciones que generan, difunden y transfieren conocimiento, como lo son las consultoras, universidades e institutos de I+D (INE, 2018). En relación a este

último punto, cabe señalar que en general dichas fuentes de información son recogidas principalmente a través de la metodología de revisión bibliográfica (libros, revistas de divulgación o de investigación científica, sitios Web entre otros).

A pesar de no ser tan empleada esta vía para innovar, la evidencia empírica es clara en señalar que la base científica y tecnológica, permite identificar elementos que pueden conducir la estrategia de la organización y mejorar la posición competitiva de manera permanente. Para ello es posible emplear la Vigilancia Tecnológica (Casteñanos, Torres y Rossero, 2005; Rodríguez, 1999), la cual permite comprender los cambios tecnológicos del entorno aplicables al proceso, saber que está ocurriendo con el mercado y sus principales competidores, y que investigaciones se estén realizando sobre nóveles tecnologías.

Esta brecha de innovación presente en nuestra economía es particularmente cierta en las industrias dominadas por los proveedores, las cuales se abastecen de tecnologías a través de sus proveedores (Pavitt, 1984), mostrando poca pro actividad y dinamismo innovador de carácter endógeno, ni menos aún conexión con Centros de Investigación o Universidades. Lo anterior, puede explicar la baja tasa de innovación de productos y procesos de la industria agroalimentaria nacional, conformada por un importante número de empresas de cereales y en particular molineras de trigos, las cuales se caracterizan por ser conservadoras y con baja propensión a innovar.

4.2 LA INDUSTRIA MOLINERA TRIGUERA EN CHILE.

Los cereales son los alimentos básicos más importantes para la humanidad en todo el mundo. En el ámbito mundial, se observa que el incremento en la producción del trigo, crece más que la demanda, lo que implica un aumento persistente, aunque marginal de los stock (Cotriza, 2018). Según datos de los Censos agropecuarios (Cotriza, 2018), el consumo de trigo, se incrementa en

1% anual, tasa semejante al crecimiento demográfico (1%). Aun cuando se han verificado aumentos tanto en el ingreso del país como en el de sus habitantes, el consumo per cápita de trigo y consiguientemente de pan (principal uso del trigo en Chile), se mantiene, intensificando con ello la rivalidad competitiva en la industria.

Es de conocimiento general que la industria molinera triguera está compuesta por un reducido número de empresas (molinos), los que a su vez, se relacionan en el mercado nacional con un elevado número de productores. Igualmente, el número de molinos no ha cambiado significativamente en los últimos años y se sitúa en el orden de 76 unidades (Cotrisa, 2018), lo que demuestra que el sector es maduro y con escasos signos de modernización.

Esta industria también muestra una alta heterogeneidad y tendencia a la concentración. En efecto, 48 de esos 76 molinos pertenecen a sociedades que tienen un solo molino. Los otros 28 molinos son propiedad de nueve sociedades. Focalizando aún más la atención en la concentración de la industria, se llega a que, aproximadamente, el 50% de la capacidad de molienda triguera nacional se concentra en seis propietarios, (Cotrisa, 2018), lo que constata los signos de madurez y foco competitivo en economías de escala más que en innovaciones tecnológicas. Respecto de la distribución geográfica y la capacidad molinera, la mayor producción se encuentra en la región metropolitana (ver en anexos 2.1 y 2.2).

A nivel operacional, las principales preocupaciones además de la heterogeneidad, de los granos y del producto final, es la disponibilidad y costo de la materia prima, así como su calidad (la que está también ampliamente relacionada con el rendimiento molinero) la que a su vez, está asociada con la inocuidad de la materia prima. En este último sentido, es bien conocido que los microorganismos presentes en el trigo pueden afectar la seguridad, la calidad y las propiedades funcionales. Algunos hongos pueden producir micotoxinas

dañinas y representar un riesgo grave para la salud de los consumidores (Laca, et al., 2006). Por ello, es esencial reducir al mínimo la contaminación del trigo para garantizar la inocuidad, tanto para el consumo humano como animal.

La contaminación microbiana de los granos ocurre durante el crecimiento del cultivo, la cosecha, el secado y el almacenamiento en poscosecha (Magan & Aldred, 2006) y se deriva de varias fuentes, incluyendo el aire, polvo, agua, tierra, insectos, pájaros y heces de roedores, así como equipos contaminados y manejo insalubre. El tipo de contaminación microbiana varía según la región de crecimiento, y está muy influenciado por las condiciones ambientales como son la sequía, la lluvia, la temperatura y la luz solar, así como por el equipo de manipulación, cosecha y procesamiento y las condiciones de almacenamiento (Bullerman y Bianchini, 2009; Nierop, 2006).

En particular, la alta precipitación justo antes de la cosecha es un factor que induce una colonización extensa de las espigas con *Alternaria* spp., que causa coloración de hongos negros, que puede observarse tanto en la superficie de los granos como debajo del pericarpio (Kosiak, et al., 2004). Doohan, Brennan y Cooke (2003) investigaron la influencia de los factores climáticos en las especies de *Fusarium*, y su incidencia como patógeno de los granos de cereales, descubriendo que difieren significativamente en relación con su distribución climática, así como en las condiciones climáticas que afectan su persistencia.

Las tecnologías actuales aplicadas para controlar el deterioro microbiano de los cereales reducen con éxito la carga microbiana, sin embargo, pueden afectar negativamente la calidad e inocuidad, las propiedades tecnológicas de los cereales, así como generar impactos ambientales nocivos (Los, Ziuzina y Bourke, 2018). En Anexo 1, se presenta una breve descripción de las técnicas actuales utilizadas para la conservación de los granos de cereales, así como sus limitaciones.

Las restricciones de los métodos convencionales ya mencionados para la inactivación de microorganismos asociados con los cereales, sugieren que existe una gran demanda de nuevas tecnologías, las cuales deben ser rápidas y rentables. Un método ideal debería reducir las cargas microbianas de manera uniforme en todos los granos tratados, sin formación de residuos tóxicos ni generación de subproductos después del tratamiento. Las posibles técnicas para la conservación de los cereales no deberían afectar su calidad, ya que los consumidores esperan alimentos procesados de alta calidad, con cambios mínimos en las propiedades nutricionales y sensoriales.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA CARGA MICROBIOLÓGICA.

Para la identificación de tecnologías disponibles para reducir la carga microbiológica en la etapa de acondicionamiento de trigo, se empleó vigilancia tecnológica, la cual permite conocer tanto los últimos avances tecnológicos, así como aquellos en desarrollo y los ya consolidados. Para ello se realizó la búsqueda en la base de datos de publicaciones científicas con suscripción “Scopus”, mientras que para la revisión de patentes se utilizó la base de datos “Patent Inspiration”. Ambas bases de datos son de fácil empleo y permiten obtener resultados ajustados al tema de interés en los últimos 10 años (período de búsqueda utilizado).

Conforme a la investigación de identificación de tecnologías para desinfección o reducción de carga microbiológica en trigo, se definieron palabras claves para la búsqueda, mediante un conjunto acotado de términos en español e inglés, las que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Palabras claves para el caso de la Investigación.

Palabras claves en español	Palabras claves en inglés
esterilización / sanitización / pasteurización / reducción carga microbiológica / inactivación microbiológica / descontaminación	sterilization / sanitization / pasteurization / reduction microbiological load / microbiological inactivation / decontamination
molienda / molino	grinding / windmill
trigo / grano / cereal	wheat / grain / cereals
seguridad alimentaria	food safety
Microflora	Microflora
Almidón	Strarch
Harina	Flour
Calidad	Quality
microondas / radiofrecuencia	microwave / radiofrequency OR "radio frequency"
tecnologías emergentes	emerging technologies

Fuente: Elaboración propia.

Con las palabras claves definidas en la Tabla 1, se generaron 3 ecuaciones para la búsqueda en las bases de datos científicas y de patentes, las que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2: Ecuaciones de búsqueda empleadas para la base de datos Scopus, período 2009 a 2019.

Ecuaciones de búsqueda	
1	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR "reduction of microbiological load" OR "microbiological inactivation" OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals).

Ecuaciones de búsqueda	
2	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR “reduction of microbiological load” OR “microbiological inactivation” OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals) AND ("emerging technologies").
3	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR “reduction of microbiological load” OR “microbiological inactivation” OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals) AND (microwave OR radiofrequency OR "radio frequency")

Fuente: elaboración propia.

La metodología utilizada para navegar dentro de Scopus y reducir el universo de documentos de interés, fue empleando en forma sistemática las palabras “emerging technologies” y posteriormente “microwave OR radiofrequency OR "radio frequency". Posteriormente y una vez acotado el universo de tecnologías emergentes para la reducción de la carga microbiológica en granos y cereales, se revisaron los títulos y los resúmenes de las publicaciones identificadas, para determinar si efectivamente eran propuestas de nuevas tecnologías que se pueden utilizar en granos de trigo, o si bien eran para otras aplicaciones, estaban relacionadas al uso o simplemente eran una descripción complementaria a lo ya encontrado.

Del mismo modo para la búsqueda de patentes, se utilizaron las ecuaciones descrita en la Tabla 3, acotando la búsqueda de lo más genérico a lo más específico, lo cual permitió una mayor amplitud de resultados ajustados al área de interés, para el período 2009 a 2019, incluyendo en la ecuación 1, las nuevas tecnologías emergentes identificadas en la búsqueda anterior, y secuencialmente en las ecuaciones 2 y 3, los hallazgos previos. Para constatar el número de nuevas tecnologías, se revisaron los títulos de las patentes encontradas, de manera tal de conocer si es una nueva tecnología o

modificaciones de las ya existentes, o simplemente nuevas aplicaciones de las ya desarrolladas.

Tabla 3: Ecuaciones de búsqueda a aplicar en la base de datos Patent Inspiration desde 2009 a 2019.

Ecuaciones de búsqueda	
1	(microwave OR radiofrequency OR "radio frequency" OR "nonthermal microwave" OR "nonthermal plasm" OR "pulsed UV light")
2	(sterilization OR sanitation OR pasteurization OR "microbiological load reduction" OR "microbial inactivation" OR decontamination)
3	(wheat OR grain OR cereal)

Fuente: Elaboración propia.

5.2 VALORIZACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS.

Para evaluar las tecnologías identificadas que permiten la reducción de la carga microbiológica en trigo, se determinaron las variables críticas a analizar, las que se clasificaron en la factibilidad de uso, costo, madurez de la tecnología, dificultad regulatoria, diseño y requerimientos adicionales, las cuales se describen en detalla en las Tablas 4 y 5.

Cada tecnología fue valorizada en función de estas variables, conforme a información obtenida desde expertos e información secundaria extraída desde la literatura revisada. Las variables fueron separadas en dos categorías: variables esenciales (condición obligatoria que debe cumplir la tecnología para ser adoptada) y facultativas (característica deseable pero no determinante para la adopción de la tecnología).

Estas últimas, las facultativas son consideradas factores relevantes, que pueden ser parte integrante de la tecnología o suponer un componente adicional que debe integrarse al momento de la adopción tecnológica.

Las variables esenciales fueron evaluadas bajo dos categorías: cumple o no cumple; mientras que las facultativas se categorizaron en tres niveles: 0, 0,5 y 1, donde “0” corresponde a una carencia alta, ausencia o impedimento para la adopción, mientras que “0,5” implica una condición intermedia, 1 es el valor asignado cuando no es impedimento para la incorporación de la tecnología.

En el caso que la tecnología sea evaluada positivamente en todos los componentes esenciales, entonces se procede a evaluar las variables facultativas. En caso contrario, se descarta dicha tecnología.

Los criterios para la evaluación de cada variable son descritos en detalle en las Tablas 4 y 5. Dicha evaluación de las tecnologías, al igual que la categorización de cada variable, también fue realizada con consultas a expertos e información secundaria.

Tabla 4: Variables esenciales y criterios de evaluación, para evaluar la factibilidad de reemplazo tecnológico.

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación	Cumple
Diseño de la tecnología	Corresponde a la capacidad de los molinos de poder incorporar la nueva tecnología, en función de sus requerimientos y dimensiones.	Si el tamaño de la tecnología es reducida y se ajusta a las condiciones actuales de los molinos.	Cuando la tecnología posee requerimientos y/o dimensiones apropiadas para el tipo de molino predominante en Chile.
		No el tamaño de la tecnología es muy amplio y no se ajusta a las condiciones actuales de los	

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación	Cumple
		molinos.	
Regulaciones	Validación de la tecnología por Normas de Inocuidad (HACCP)	Si tiene dificultad , ya que la tecnología no está validada por las normas de inocuidad.	Cuando la tecnología no tiene dificultad
		No tiene dificultad porque la tecnología esta validada por las normas de inocuidad.	
Estado de madurez de la tecnología.	Corresponde a niveles de madurez de la tecnología (TRLs).	Alto (TRL 7 o superior)	Cuando el TRL es alto . (en caso de TRL medio, mantener vigilancia)
		Medio (TRL 5 o 6)	
		Bajo (TRL 1 a 4)	
Inocuidad	El uso de la tecnología no genera compuestos tóxicos y es amigable con el medio ambiente	Si , aplicación de la tecnología no genera compuestos tóxicos en el alimento y es amigable con el medio ambiente	Si , la tecnología es inocua y amigable con el medio ambiente
		No , la tecnología genera compuestos	

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación	Cumple
		tóxicos y/o no es amigable con el medio ambiente.	
Calidad	Que el uso de la tecnología no impacte negativamente en la calidad de la materia prima.	No impacta negativamente en la calidad.	Cuando el uso de la tecnología No impacta negativamente sobre la calidad.
		Si , impacta negativamente en la calidad.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Variables facultativas y criterios de evaluación, de la factibilidad de reemplazo tecnológico.

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación
Capacidad de proceso.	Capacidad de proceso de la nueva tecnología, se adapta a la velocidad y volumen de los molinos.	0: la tecnología no se adecúa a la capacidad de proceso de los molinos.
		0,5: la tecnología puede ser adaptada.
		1: la tecnología es flexible y/o versátil.
Capital humano	Se refiere al requerimiento de capital humano especializado, con	0: requiere personal altamente capacitado.

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación
avanzado Intramuros	conocimientos y competencias superiores a las actualmente existentes en los molinos.	0,5: la capacitación requerida es baja y puede entrenarse personal actual. 1: no requiere personal altamente capacitado.
Adopción de la tecnología	Esta revela las dificultades o la complejidad para la adopción de la tecnología.	0: la tecnología es difícil de adoptar. 0,5: es fácil la adopción, pero requiere combinaciones con otras herramientas o tecnología.
		1: tecnología de fácil adopción.
Necesidad de laboratorio / analítica especializada.	Se refiere a la necesidad de contar con un laboratorio, equipamiento e instrumentos sofisticados intramuros para el control o uso de la tecnología.	0: Si requiere laboratorio, equipamiento e instrumentos. 0,5: la analítica se puede externalizar. 1: no requiere laboratorio, equipamiento o instrumentos de alta complejidad.
Restricciones	Se refiere si la tecnología se	0: posee patente

Variables	Definiciones	Criterios de evaluación
de PI	encuentra patentada o posee otra protección de PI que restrinja su uso.	vigente, u otra PI restrictiva. 1: No posee patente, o no está vigente.
Eficacia de la tecnología	Se refiere a la capacidad de eliminar enterobacterias, mohos y levaduras.	0: si, reduce > 99% enterobacterias y hongos y levaduras.
		0,5: dependiendo de las condiciones de funcionamiento puede no lograr > 99%.
		1: reduce < 99% enterobacterias y mohos y levaduras.

Fuente: elaboración propia.

5.3 SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE TECNOLOGÍAS VALORIZADAS.

El criterio de selección de la(s) tecnología(s), se basó en la evaluación de ambos tipos de variables (esenciales y facultativas), logrando un ranking de tecnologías factibles de ser adoptadas por la industria molinera nacional. Los criterios de selección se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6: Criterios de selección de la tecnología.

Requisitos	Exigencia	Tipo de variables
A	100%	Esenciales
B	Con el mejor ranking (score).	Facultativas

Fuente: Elaboración propia.

Dicho lo anterior, la o las tecnologías que cumplan con el 100% de las variables esenciales, y logren el mejor ranking (score) en cuanto a las variables facultativas, será o serán las seleccionadas para ser recomendadas para implementar en la etapa de acondicionamiento de trigo.

6. RESULTADOS

6.1 IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES.

Debido a su alta capacidad oxidante y bajo costo, los métodos basados en cloro son ampliamente utilizados en la industria para la desinfección de productos alimenticios y el control microbiano. Estas técnicas son económicas y fáciles de usar; sin embargo, causan inquietudes debido a la generación de residuos tóxicos, así como sabores y olores ajenos al alimento (Richardson et al., 1998; Virto, et al., 2005). Asimismo, se descubrió que el uso de cloro para la inactivación de microorganismos en los granos de cereales era ineficaz para productos altamente contaminados: la solución al 0,4% de cloro, no inactivaba suficientemente a las esporas de hongos para producir menos del 20% de contaminación, cuando los niveles de contaminación iniciales son superiores a 10^4 ufc / gramo de cereal (Andrews, et al., 1997; Delaquis y Bach, 2012). El hipoclorito de sodio también se ha utilizado con frecuencia, sin embargo, los estudios muestran que este tipo de tratamiento no inactiva por completo las

esporas de hongos ni en la superficie del grano (Sauer y Burroughs, 1986; Sun et al., 2017).

Antes los desafíos de reemplazar éstas tecnologías presentes en la molinería nacional, la vigilancia tecnológica realizada, haciendo uso de las bases de datos científicas (SCOPUS) y de invenciones (PATENT), permitió obtener 425 resultados (Tabla 7), los que se redujeron a 27 cuando fueron aplicados todos los filtros definidos previamente.

Tabla 7: Resultados de búsqueda en las bases de datos Scopus desde 2009 a 2019.

Ecuaciones de búsqueda		Números de publicaciones
1	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR “reduction of microbiological load” OR “microbiological inactivation” OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals).	425
2	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR “reduction of microbiological load” OR “microbiological inactivation” OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals) AND ("emerging technologies").	72
3	(sterilization OR sanitization OR pasteurization OR “reduction of microbiological load” OR “microbiological inactivation” OR decontamination) AND (wheat OR grain OR cereals) AND ("emerging technologies") AND (microwave OR radiofrequency OR "radio frequency")	27

Elaboración propia utilizando la base de datos Scopus.

Las publicaciones, identificadas luego de utilizar los filtros que ofrece la base de datos Scopus, son coherentes y ajustados a nuestro tema de interés, ya que la búsqueda fue realizada desde lo más genérico a lo más específico, arrojando

de esta forma (en la etapa más genérica) 425 resultados, lo cual muestra que diversas tecnologías han sido desarrolladas, adaptadas, modificadas, o empleadas en los últimos 10 años. Cuando se acota la búsqueda (ecuación 3), los resultados se reducen a 27 publicaciones. No obstante lo anterior, al revisar en detalle los resultados, a través de la lectura de los títulos y/o el resumen de cada documento, sólo se logró identificar una pequeña cantidad de tecnologías emergentes, que si se podrían adoptar en el área de molinería, las que se detallan en la Tabla 9.

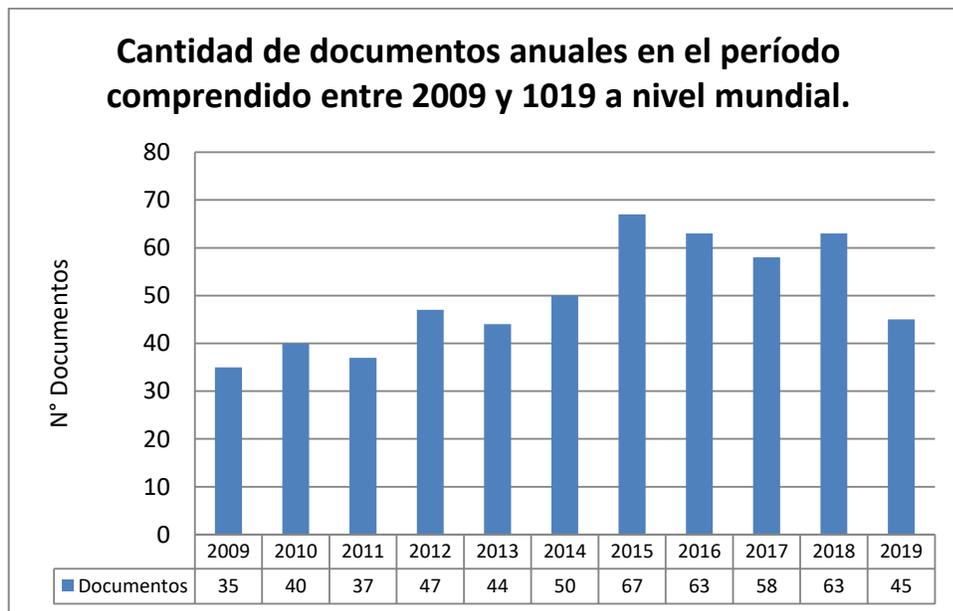
El reducido número de nuevas tecnologías específicas para granos, (sólo 10 en base a datos de publicaciones científicas), podría estar relacionado a una visión conservadora de los molinos a nivel mundial y sus desarrolladores tecnológicos, con alta resistencia al cambio, alto costo de transformación. Actualmente el líder en equipamiento es la empresa Bühler, quienes aún no han desarrollado una tecnología de características iguales o similares a las descritas en la Tabla 9, la que se caracteriza por disponer sólo con una descascaradora que puede reducir en parte la carga microbiológica depositada en la superficie de los granos.

Otra razón que estaría retardando el cambio técnico, serían los costos asociados, a la operación, pues las tecnologías basadas en cloro poseen una baja relación costo/reducción microbiológica. Lo anterior estaría asociado a que la exigencia reglamentaria en harinas posee límites máximos muy altos, tanto en la parte microbiológica como en el caso de las micotoxinas, por lo que al utilizar este tipo de químicos se logra bajar la carga microbiológica en los niveles exigidos por la ley a bajo costo.

Por otra parte, la Gráfica 1 muestra los resultados obtenidos, al realizar la búsqueda con la ecuación 1, evidenciándose que hay una gran creación de conocimientos que guardan relación con la reducción de la carga microbiológica en los alimentos y por ende una gran preocupación de los científicos por la

inocuidad. Dicha gráfica muestra además que en el período comprendido entre el 2015 y 2018, hubo una leve tendencia al alza.

Gráfica 1: Resultados de documentos publicados en base de datos Scopus utilizando ecuación 1.

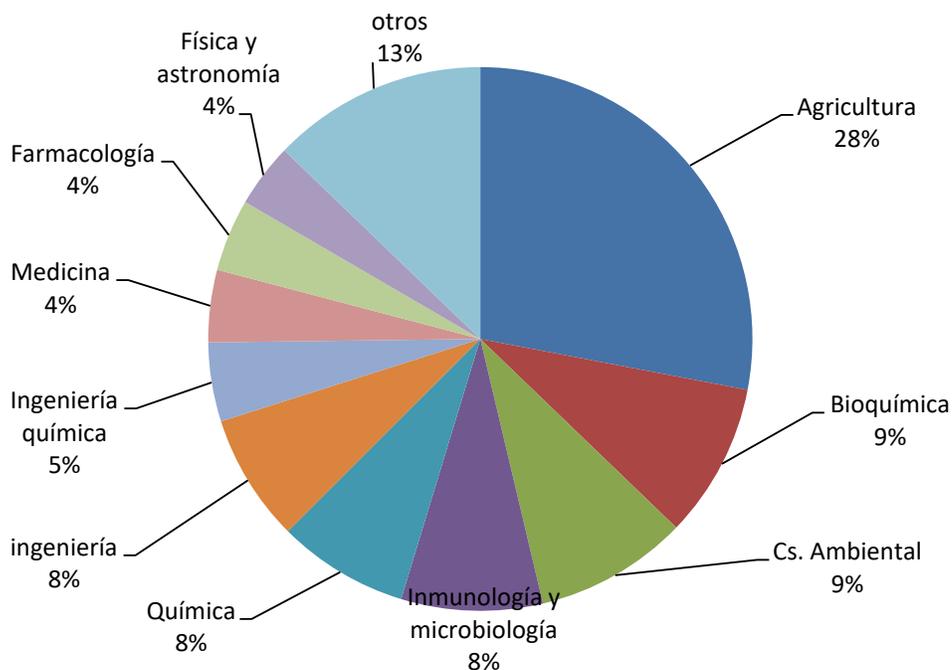


Fuente: Elaboración propia utilizando información de la BBDD Scopus.

Por otra parte, la Gráfica 2, muestra las áreas científicas donde han sido publicados dichos documentos. Un 28% corresponden al área de la agricultura y un 7% a ingeniería, lo cual refleja de alguna forma, la relevancia que tienen los alimentos de origen vegetal, y por sobre todos los granos y cereales para dichas disciplinas. En efecto, Los, Ziuzina y Bourke (2018), postulan que los alimentos más importantes para la humanidad, son los granos, cuya demanda se espera que se incremente drásticamente junto con el crecimiento de la población mundial, como resultado del problema crítico de la seguridad y calidad de los alimentos. Es por ello que, se requiere minimizar la contaminación, la cual afecta negativamente tanto en términos cuantitativos

como cualitativos. Los estudios señalan también, que los microorganismos presentes en los cereales pueden afectar la seguridad, la calidad y las propiedades funcionales de los granos. Algunos mohos tienen el potencial de producir micotoxinas dañinas y representan un grave riesgo para la salud de los consumidores. Por lo tanto, es esencial reducir al máximo la contaminación de los granos de cereales para garantizar la seguridad tanto para el consumo humano como animal.

Gráfica 2: documentos publicados en base de datos Scopus por área de interés, período 2009-2019.



Fuente: elaboración propia utilizando información de la BBDD Scopus.

Con relación a la búsqueda en la base de datos de patentes, esta se llevó a cabo empleando las ecuaciones de búsqueda definidas en la Tabla 3, a la cual

se le adicionaron como palabras claves, las identificadas en la base de datos Scopus. Lo anterior, se realizó con la finalidad de tener un número convergente de hallazgos (patentes de invención) con respaldo de la comunidad científica.

Los resultados muestran que al realizar la búsqueda de lo más genérico a lo más específico, el número de patentes va disminuyendo en forma significativa, llegando a un total de 400 (Tabla 8), al utilizar los filtros definidos en las ecuaciones 1, 2 y 3. Sin embargo, la gran mayoría de los hallazgos de patentes no representan una nueva tecnología, sino más bien, muchas de ellas son mejoras de otras desarrolladas previamente. Esto último, también se puede visualizar al realizar una búsqueda detallada sobre los títulos de estas 400 patentes, ya que ahí solo califican como nueva tecnología, las de radiofrecuencia y la de microondas.

Tabla 8: Número de patentes identificadas en la búsqueda en la base de datos Patent Inspirations. Período 2009 - 2019.

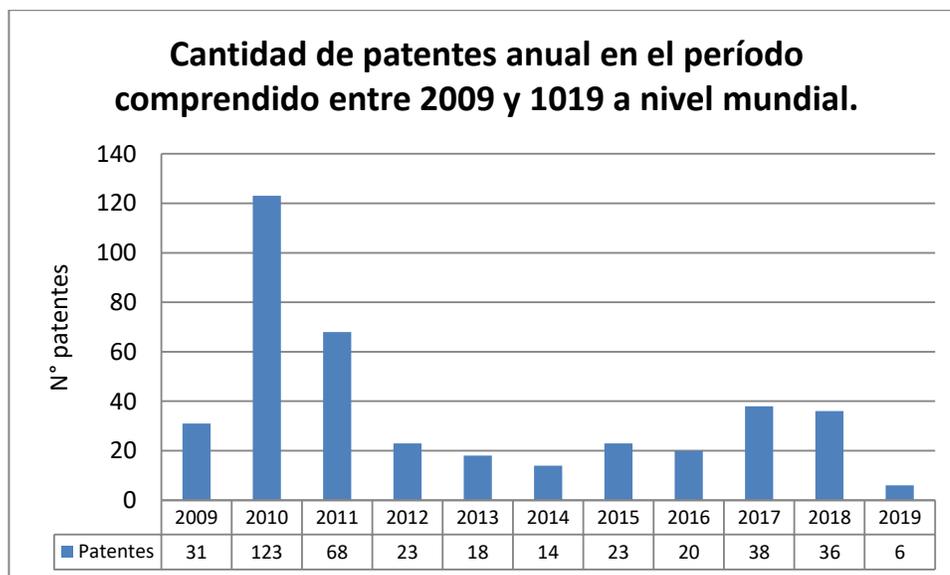
Ecuaciones de búsqueda		Número de Patentes
1	(microwave OR radiofrequency OR "radio frequency" OR "nonthermal microwave" OR "nonthermal plasm" OR "pulsed UV light")	218.785
2	(sterilization OR sanitation OR pasteurization OR "microbiological load reduction" OR "microbial inactivation" OR decontamination)	4.410
3	(wheat OR grain OR cereal)	400

Elaboración propia utilizando la base de datos Patent Inspirations.

Por otra parte, al analizar la evolución temporal de las soluciones de patentes identificadas, se aprecia que en los años 2010 y 2011, hay un aumento

significativo, el que luego desciende y vuelve aumentar levemente en los años 2017 y 2018. Esto último, quizás puede estar relacionado a los ciclos propios de los paradigmas del cambio tecnológico, donde la trayectoria dominante impide la emergencia de otras más disruptivas (Pérez, 2010). Serían las tecnologías dominantes la que obstaculiza o frenan el avance de la técnica, desincentivando nuevas invenciones (e incluso investigaciones), o al menos restringiendo su avance e incursión en el mercado.

Gráfica 3: Cantidad de solicitudes de patentes registradas en base de datos Patent Inspiration. Ecuación 3, período 2009-2019.



Fuente: Elaboración propia utilizando información de la BBDD Patent Inspirations.

A pesar del freno que supone los paradigmas vigentes, nuevas tecnologías emergen en la industria molinera, enfocadas en la inocuidad de los alimentos, respondiendo de esta forma a las tendencias del mercado. Conforme a los

resultados obtenidos, de las búsquedas en base de datos científicas y de invenciones (patentes), en la Tabla 9 se presentan las tecnologías identificadas, incorporando una breve descripción de sus características, así como de sus principales limitaciones y/o ventajas. Un mayor detalle de éstas se puede encontrar en la literatura citada y referenciada.

Tabla 9: Descripción de las tecnologías identificadas.

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
Plasma de presión atmosférica fría (CAPP), o plasma atmosférico No térmico.	Estos plasmas “no térmicos” se generan mediante la aplicación de un campo eléctrico o electromagnético a un gas, en el que los electrones libres toman la energía del campo, lo que produce su aceleración hasta que sus energías se elevan lo suficiente para ionizar los átomos o las moléculas del gas con las que colisionan, liberando más electrones que provocan a su vez nuevas ionizaciones. Esta tecnología permite tiempos de tratamiento	Alkawarek et al., (2014); Ziuzina et al., (2014).	La estructura de una superficie es un parámetro principal que limita el efecto antimicrobiano de un tratamiento CAPP debido a la falta de uniformidad del tratamiento. La relación superficie / volumen de un producto también podrían influir en la eficiencia de inactivación.	Hertwing et al., (2018).

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>cortos, siendo posible conseguir más de 5 reducciones logarítmicas en el número de microorganismos patógenos viables (Salmonella typhimurium, Salmonella enteritidis, Escherichia coli, Staphilococcus aureus y Listeria monocytogenes, entre otros), e incluso, microorganismos esporulados, como Bacilluscereus y Bacillussubtilis, en tiempos realmente cortos, entre 30 segundos y 2 minutos.</p> <p>El hecho de que esta técnica resulte eficaz a temperatura ambiente, la hace especialmente interesante para productos sensibles al calor en frescos como procesados. Además, su naturaleza no tóxica y la significativa</p>			

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>reducción del consumo de agua y agentes químicos se traducen en una importante disminución de efluentes, resultando beneficioso, no solo desde un punto de vista económico, sino también ambiental.</p>			
<p>Haz de electrones de baja energía (LEEB).</p>	<p>La tecnología del haz de electrones (EB) pertenece al grupo de las radiaciones ionizantes, como los rayos X y los rayos Y. La tecnología LEEB deposita energía electrónica cerca de la superficie extremadamente alta para la descontaminación de la superficie.</p> <p>Actualmente, los sistemas LEEB para el tratamiento de semillas con una capacidad de hasta 30 ton por hora están disponibles.</p> <p>En comparación con otras</p>	<p>Urgiles et al., (2007).</p> <p>Röder et al., (2009).</p>	<p>La limitada profundidad de penetración de los electrones de baja energía, así como el conocimiento limitado en la comunidad científica y de la industria.</p>	<p>Hertwing C., Meneses N., Mathys A., (2018).</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>tecnologías que utilizan radiación ionizante, la infraestructura de blindaje de la maquina LEEB, se puede mantener a un nivel mínimo debido a la menor profundidad de penetración de los electrones y la reducción de la dispersión de rayos X,</p>			
Microondas	<p>Son ondas electromagnéticas de radio situadas entre los rayos infrarrojos (cuya frecuencia es mayor) y las ondas de radio convencionales.</p>	<p>Los, Ziuzina, Bourke, (2018).</p>	<p>La viabilidad de las semillas y el vigor de las plántulas pueden disminuir después del tratamiento.</p>	<p>Chandrasekaran et al., (2013); Reddy et al.,(1998); Kozempel et al., (1998); Heddlerson y Doores</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
				(1993).
Ultrasonido	El ultrasonido se conforma de ondas sonoras que resultan inaudibles para el hombre por su elevada frecuencia. Esta tecnología se utilizó para producir energía por dichas ondas, con al menos 20.000 vibraciones por segundo (Mason, 1990), para lograr un efecto bactericida sobre los microorganismos e inactivación enzimática por rompimiento celular.	Morris et al., (2007).	Su utilidad es muy limitada por la insuficiente eficacia del proceso en las condiciones habituales de tratamiento (presión y temperatura ambiente). Es eficaz en la descontaminación de vegetales crudos sumergidos en medios líquidos.	Parzanese, s/f; Hurtado (2013). Herrero y Romero de Ávila, (2006: 73).
Radiofrecuencia	La calefacción por RF es influenciada principalmente por las propiedades dieléctricas del producto. El nivel de la frecuencia, la temperatura y las características del alimento (viscosidad,	Oblitas, (2017).	La calefacción por RF puede ser especialmente eficaz para alimentos de diámetro grande tales como productos cárnicos	McKenney et al., (2005).

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>contenido de agua y composición química) afectan las características dieléctricas y así la calefacción por RF en alimentos.</p>		<p>ya que frecuencias bajas (27,12 MHz) de radiación electromagnética incidente permite mayores profundidades de penetración que otras formas de calefacción dieléctrica tal como la calefacción por MW.</p> <p>La calidad alimenticia y particularmente la textura de algunos de los productos fueron afectadas.</p>	<p>Oblitas, (2017)</p>
<p>Altas presiones hidrostáticas (APH)</p>	<p>Es un método no térmico de procesamiento de alimentos relativamente nuevo, (desde el año 2000 se empezó a implementar con éxito en la industria</p>	<p>Considine et al., (2008).</p>	<p>Como desventaja se debe mencionar el alto costo del equipo, además, con los equipos de APH disponibles</p>	<p>Solenowichs, (2015).</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>alimentaria), en productos tanto sólidos como líquidos a presiones entre 300 y 900MPa.</p> <p>La APH provocó la inactivación de las células microbianas sin alterar la calidad sensorial ni los nutrientes de los alimentos.</p>	Cheftel, (1995)	<p>hasta ahora en el mercado no se pueden diseñar procesos continuos, aunque sí hay algunos discontinuos que operan en línea (ejemplo: zumos de frutas).</p>	
Campo eléctrico pulsante leve o de alta intensidad	<p>El procesamiento por campos eléctricos pulsantes involucró la aplicación de pulsos de alto voltaje, generalmente de 10 a 80 kV/cm, por periodos cortos de tiempo (menos de 1 a 100 microsegundo) y con un número total de pulsos de 1 a 100 sobre alimentos líquidos (como jugos de frutas y hortalizas) colocados entre dos electrodos.</p> <p>Este proceso puede ser</p>	Qin et al., (1998). Oblitas, (2017)	<p>Está limitada a productos bombeables, capaces de conducir electricidad y exentos de microorganismos esporulados.</p> <p>Las enzimas también pueden verse afectadas en su movilidad y actividad, llegando a desnaturalizarse, y que además se</p>	Barbosa-Cánovas y Bermúdez-Aguirre, (2010). Yeom et al., (2002).

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
	<p>realizado a temperatura ambiente o a temperaturas de refrigeración.</p> <p>Aunque la tecnología de campos eléctricos fue introducida en los años 60, los desarrollos tecnológicos han permitido renovar el interés en la misma.</p>		<p>pueden inducir a la asociación y disociación de grupos ionizables o modificar completamente la forma de la proteína.</p> <p>El sistema de procesado utilizando esta tecnología, consta de varios componentes, incluyendo la fuente de potencia, banco de condensadores, interruptor, cámara de tratamiento, medidor de voltaje, temperatura, corriente, y por último, equipo de envasado aséptico.</p>	<p>Qin et al., (1998), Herrero y Romero, (2006).</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
Irradiación Ionizante	<p>En algunos países el nombre de esta tecnología se cambió a “pasteurización electrónica” para una mejor aceptación por los consumidores. La técnica se reguló tanto a nivel nacional como internacional por la IAEA (International Atomic Energy Agency), la FAO y la OMS.</p> <p>En diversas investigaciones se puso en evidencia que cuando la dosis absorbida es ≤ 10 kGy la formación de compuestos radiolíticos no supone riesgo para la salud</p>	<p>Morehouse y Komolprasert(2004).</p> <p>Herrero y Romero de Ávila, (2006); Morris et al., (2007).</p>	<p>Para la reducción de la carga microbiológica se debe agregar una dosis media de hasta 10K Gy.</p> <p>La radiólisis induce alteraciones del DNA y formación de radicales a partir de las moléculas de agua con elevado potencial reductor y oxidante, resultando ambos hechos fundamentales para explicar el efecto conservante de este tratamiento.</p> <p>Puede modificar negativamente la calidad y las</p>	<p>Herrero y Romero de Ávila, (2006);</p> <p>Gálvez-Ruiz y Buitimea-Cantúa, s/f.</p> <p>Herrero y Romero de Ávila, (2006).</p> <p>Lung et</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
			propiedades tecnológicas de los cereales y sus productos.	al., (2015)
Campos magnéticos oscilantes (CMO)	<p>Los CMO actúan alterando la velocidad de división celular de los microorganismos por efecto del cambio del flujo iónico a través de la membrana plasmática.</p> <p>Si bien es apreciable un aumento de la temperatura en los productos tratados (2-5°C), el impacto sobre las propiedades organolépticas suele ser poco perceptible, además se consideró un método seguro.</p>	Fernández et al., (2001).	<p>Para que un alimento se pueda conservar, debe poseer una resistividad eléctrica alta (> 25 ohmios/cm).</p> <p>La intensidad CMO dependió de la resistividad y el espesor del alimento.</p> <p>Aquellos que presentan baja resistividad y mayores espesores requieren campos magnéticos más potentes.</p> <p>El alimento debe</p>	Pérez, (2001)
				Morris, Brody y Wicker, (2007); Barbosa Cánovas et

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
			<p>estar empacado hermético en bolsas plásticas, para luego ser sometidos a 1-100 pulsos en un CMO con una frecuencia de 5 a 500 KHz, y una temperatura de 0-50° C, con un tiempo total de exposición de 25 ms a 10 ms.</p>	<p>al., (2010).</p>
<p>Luz Blanca de Alta intensidad o también conocida como Luz UV pulsada</p>	<p>Es una técnica para descontaminar superficies, inactivando microorganismos a través de pulsos cortos de tiempo, intensos y de amplio espectro, ricos en luz UV-C (es la porción del espectro electromagnético correspondiente a la banda entre 200 y 280 nm). Es una técnica para descontaminar superficies, inactivando</p>	<p>Marquene et al., (2003).</p>	<p>Baja capacidad de penetrar los granos debido a su superficie irregular y compleja. Puede disminuir la tasa de germinación de las semillas.</p>	<p>Barbosa-Cano, Schaffner, Pierston y Zhang, (2000); Mattei et al., (20</p>

Tecnología	Descripción	Referencia	Limitaciones	Referencias
luz pulsada de alta intensidad	microorganismos a través de pulsos cortos de tiempo, intensos y de amplio espectro, ricos en luz UV-C.			13); Keklik et al., (2012); Keklik, Demirci y Puri, (2010).

Fuente: elaboración propia.

Es necesario precisar, que los nuevos métodos de conservación de alimentos buscan conseguir resultados similares o superiores a los métodos tradicionales en cuanto a su efectividad en la destrucción de microorganismos y calidad sensorial y nutricional del alimento. En particular, los procesos no térmicos permiten extender la vida útil de los alimentos vegetales, prescindiendo del uso de aditivos y conservantes artificiales. De esta manera, se logra preservar el sabor, color, textura y las propiedades nutritivas y funcionales de los productos vegetales. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes de los procesos no térmicos, está relacionado con la inactivación de microorganismos esporulados; siendo en este caso la APH la que mayores avances ha logrado. A medida que la investigación avanza, las tecnologías de este tipo ganan terreno en la industria alimentaria, mostrando un gran potencial para la conservación de productos vegetales con una alta calidad nutricional y organoléptica.

Por otra parte, las tecnologías de microondas y de radiofrecuencias, si bien generan una reducción de los microorganismos, también podría generar un calentamiento del grano, por lo que se presume que esto podría de alguna forma dañar la calidad de la proteína (gluten), y con ello las propiedades visco elásticas de la masa.

En general, la mayoría de estas tecnologías no son eficientes por si solas, por lo que se recomienda su uso combinado con métodos tradicionales y/o con otras técnicas emergentes (métodos combinados).

6.2 VALORIZACIÓN, SELECCIÓN Y RECOMENDACIÓN DE LA(S) TECNOLOGÍA(S).

En conformidad con la metodología de evaluación plateada, todas las tecnologías que superen los requisitos contenidos en el grupo de variables esenciales (A1 a la A5 de la Tabla 10), fase 1 de la valorización, fueron evaluadas empleando el pool de factores (B1 a la B5 de la Tabla 11), fase 2 de la valorización, permitiendo así discriminar entre ellas, elaborando un ranking.

De las 10 tecnologías emergentes encontradas utilizando la base de datos Scopus y Patent Inspiration (valorización Tabla 10), sólo 2 fueron valorizadas en forma positiva, es decir, cumplen los requisitos de diseño, regulaciones, estado de madurez, inocuidad y calidad. Lo anterior está relacionado a que la mayoría de las tecnologías no cumplen con más de uno de los requerimientos mínimos. Así es el caso de CAPP que, conforme a lo señalado por Hertwig, Meneses y Mathys, (2018), posee un estado de madurez (TRL) 5, por lo que nada se puede decir sobre su diseño y regulaciones que aplicarían a este tipo de tecnología. Por otra parte, hay otro grupo de tecnologías (microondas y radiofrecuencia), cuya tecnología si bien se encuentra en un estado de madurez

(TRL) 7 a 9, hay literatura que indica que como consecuencia de uso de ondas electromagnéticas con una frecuencia de 300 MHz a 300 GHz, se provocaría un leve aumento de la temperatura de los granos (alrededor de los 40 a 60°C), lo que sumado a posibles alzas de temperatura en la operación, se generaría pérdida de la calidad del trigo (Adu y Otten, 1996), específicamente las propiedades de la proteína denominada "gluten". Los estudios indican que, los parámetros de elasticidad y tenacidad, son afectadas con el uso de microondas, atributos que son fundamentales en la industria panadera, sin embargo, las evidencias aún no son totalmente concluyentes (Los, Ziuzina y Bourke, 2018).

Otro grupo de tecnologías son las basadas en Irradiación, las que siendo maduras (TRL 8-9), diversas pruebas de mercado, principalmente en los EE. UU., indican una baja aceptación por parte del consumidor, lo que limita la comercialización de alimentos con irradiación. Algunos consumidores temen la palabra "irradiación", la que generalmente se asocia con los términos "atómico" o "nuclear". Los estudios señalan que la razón principal de la respuesta negativa se debe a la información insuficiente sobre los riesgos y beneficios de esta técnica (Bruhn y Schutz 1989; Resurrección et al., 1995). Por otra parte, en la búsqueda de equipos que apliquen la tecnología de irradiación, no se encontraron proveedores, identificando solo empresas que venden el servicio de tratamiento de irradiación.

Un tercer grupo de tecnologías, (altas presiones hidrostáticas y campo o pulso eléctrico pulsante leve o de alta intensidad), requiere que el producto a tratar se encuentre envasado, incluso para el último caso el requisito es que el alimento sea líquido o se encuentre embotellado. Para la tecnología de Campo magnéticos oscilantes no se encontró información.

Tabla 10: Resultados de la valorización fase 1 (variables esenciales u obligatorias).

	Variables Esenciales	CAPP	LEEB	MO	US	RF	APH	CEPAI	II	CMO	UV
A1	Diseño de la tecnología	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
A2	Regulaciones	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A3	Estado de madurez de la tecnología	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A4	Inocuidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A5	Calidad	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
	Resultado Fase 1	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+

De acuerdo a la evaluación de la fase 1, las tecnologías que cumplen todos los requisitos definidos en las variables obligatorias, son las de ultra sonido y luz ultravioleta, las cuales pasaron a la fase 2 de valorización basada en las variables facultativas. De forma adicional y exploratoria se han analizado en esta fase las tecnologías de microondas y radiofrecuencia, a pesar que la literatura señala que faltan más estudios para validar el efecto final en la calidad de los granos (Los, Ziuzina y Bourke, 2018).

Respecto de los resultados obtenidos (ver Tabla 11), las tecnologías de luz ultravioleta y ultrasonido, son las tecnologías que han cumplido la totalidad de las variables obligatorias, alcanzando en la fase 2 un puntaje 4,0 y 4,5 respectivamente, en la valoración de las variables facultativas. Por ello, estas

corresponderían a las tecnologías recomendadas para implementarlas en la industria molinera.

Estas dos tecnologías se caracterizan por ser limpias, no afectan la inocuidad de los alimentos, no generan efectos adversos en la salud de los consumidores por la generación de compuestos tóxicos y el equipamiento no es de alta complejidad para ser empleado por el personal. Para el caso de la tecnología de Luz UV pulsante, la variable de eficacia, alcanza una puntuación de 0,5 y no el máximo de 1, lo que quiere decir que, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, podría no alcanzar el 99% de reducción de los microorganismos, ya que hay algunos autores que postulan que la luz UV se ve disminuida por la morfología del grano por presentar una ranura ventral y textura rugosa en la superficie, a diferencia de la tecnología de US (Oms-oliu, Martín-belloso y Soliva-fortuny, 2010). Esta última (US), es combinada con el uso de tratamientos térmicos suaves y breves (entre 50 y 60°C), no afectando la calidad, dando lugar al procedimiento denominado termoultrasonificación, la que es útil para la inhibición y disminución de microorganismos termorresistentes (Hoover, 1997).

Por otra parte, la valorización exploratoria de las tecnologías de microondas y radiofrecuencia, vieron afectado su puntaje debido a que la calidad de los granos pueden ser dañados por un aumento de la temperatura (45 a 60°C) (Adu y Otten, 1996). La evaluación indica una puntuación de 2,5, principalmente a temas de adopción de la tecnología y la necesidad de contar con personal calificado para el montaje y operación de esta tecnología.

Tabla 11: Resultados de valorización fase 2 (variables facultativas).

	Variables	MO	US	RF	UV o Pulsos de Luz
B1	Capacidad de Proceso	0,5	0,5	0,5	0,5
B2	Capital humano avanzado Intramuro	0,5	1	0,5	1
B3	Adopción de la tecnología	0	1	0	1
B4	Necesidad de laboratorio/ analítica.	1	1	1	1
B5	Restricciones PI	0	0	0	0
B6	Eficacia de la tecnología	0,5	1,0	0,5	0,5
	Resultado del Ranking (fase 2)	2,5	4,5	2,5	4

En términos generales, los pasos siguientes debieran estar relacionados a conocer aspectos operativos de cada tecnología seleccionada, así como su performance en condiciones de planta. Para ello es crítico tomar contacto con proveedores, visitar a industrias en las que utilicen este tipo de tecnologías, contactar a personal de ingeniería para que revise las instalaciones específicas del molino y realice alguna recomendación pertinente. Por otra parte, sería necesario también realizar una evaluación económica o financiera.

7. CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido identificar, valorizar, seleccionar y recomendar tecnologías nóveles para la reducción de la carga microbiológica de los granos, en reemplazo de las existentes en los molinos de Chile, eliminando el uso de químicos antimicrobianos en la etapa de acondicionamiento de trigo, de forma tal de asegurar la inocuidad de los alimentos y el respeto por el medio ambiente.

El trabajo ha centrado su propósito en contribuir, proveer soluciones tecnológicas nóveles al problema de inocuidad que enfrenta la industria molinera de trigo. Dicho problema se origina como resultado del uso de algunos químicos antimicrobianos en la etapa de acondicionamiento de trigo, tales como: cloro e hipoclorito de sodio, los que pueden afectar la inocuidad de los alimentos, debido a la generación de algunos compuestos tóxicos que se derivan de éstas sustancias químicas.

Al revisar la literatura se observa que hay una amplia proliferación de tecnologías a inicios de la década pasada, sin embargo, esta ha ido disminuyendo, más recientemente. No obstante lo anterior, se pudo detectar que sí existen tecnologías que están reportadas en publicaciones científicas y en las bases de patentes, que pueden ser adoptadas por la industria molinera local.

Al realizar el proceso de búsqueda a través de vigilancia tecnológica, utilizando bases de datos científicas y de patentes, se logró identificar 10 tecnologías emergentes para reducir la carga microbiológica de los granos, las que al valorizarlas, utilizando criterios de evaluación, arrojó que existen dos viables se ser exploradas, cuales cumplen con los requisitos mínimos exigidos por la industria. Las ocho tecnologías restantes identificadas, no se encuentran con un estado de madurez apropiado para la implementación, afectan negativamente la

calidad de los granos, no son inocuas o simplemente son viables su uso, debido a las condiciones de operación.

De esta forma las tecnologías de Ultra sonido y de Luz ultravioleta, cumplen con los requisitos esenciales para que puedan ser consideradas como alternativas viables para su implementación en un molino de trigo.

Los resultados de esta valorización para el caso de las tecnologías de Luz ultravioleta y Ultra sonido, que obtuvieron una puntuación de 4,0 y 4,5, respectivamente.

Dado que los resultados de la valorización de Ultra sonido y de Luz ultravioleta obtuvieron puntaje similar, se hace necesario la búsqueda de información complementaria para tomar la decisión, lo que unido a antecedentes específicos del equipamiento e infraestructura existente en los molinos que deseen implementarlas, permitirá definir cuál podría ser incorporada en reemplazo de las actuales. Lo anterior, debería llevar a un análisis *in situ* tanto del molino como de la tecnología propiamente tal, a través de visita a proveedores y empresas donde este equipamiento se encuentre en funcionamiento, lo cual permitirá, lo cual permitirá, obtener información adicional u algún otro elemento que sea relevante.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda tomar estas dos tecnologías identificadas y valorizadas con el mayor puntaje para hacer un estudio sobre la factibilidad económica o financiera para introducir estas tecnologías al proceso molinero. Por otra parte, se evidencia, la necesidad de investigar sobre otros posibles usos que pudiese darse a estas herramientas en el proceso molinero, con la finalidad de mejorar otros procesos, tales como, desinfección o eliminación de plagas.

Aun cuando fueron revisadas dos importantes bases de datos, es posible que otras tecnologías se encuentren en desarrollo, ya que no todos los avances son

publicados ni comunicados a la comunidad científica o son transmitidos vía sistemas de protección de la propiedad industrial.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adu B., Otten L. (1996) Microwave heating and mass transfer characteristics of white beans. *J Agr Eng Research* 64:71–78.
- Alkawareek, M.Y.; Gorman, S.P., Graham, W.G., Gilmore, B.F. (2014). Potential cellular targets and antibacterial efficacy of atmospheric pressure nonthermal plasma. *International Journal of Antimicrobial Agents* 43, 154-160.
- Agencia de Protección Ambiental. (1999) *Hoja de datos de tecnología de aguas residuales Desinfección de ozono*. Recuperado de <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/ozon.pdf>.
- Aktar, W., Sengupta, D. y Chowdhury, A. (2009). Impacto del uso de pesticidas en la agricultura: sus beneficios y peligros. *Toxicología interdisciplinaria*, 2 (1), 1 - 12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.
- Andrews, S., Pardoel, D., Harun, A. y Treloar, T. (1997). Chlorine inactivation of fungal spores on cereal grains. *International Journal of Food Microbiology*, 35 (2), 153 - 162. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(96\)01214-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(96)01214-7)
- Barbosa-Canovas, GV, Schaffner, DW., Pierson, MD y Zhang, QH. (2000). Tecnología de luz pulsada. *Journal of Food Science*, 65, 82-85 .
- Barbosa-Cánovas, GV. y Bermúdez-Aguirre, D. (2010). *Procesamiento no térmico de alimentos*. *Scientia Agropecuaria*. Disponible En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633694008>[Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2015].
- Bullerman, LB. y Bianchini, A. (2009). Cuestiones de seguridad alimentaria y microbiología de cereales y productos a base de cereales. En N.

- Heredia, I. Wesley y S. García (Eds.), *Alimentos microbiológicamente seguros* (pp. 315 - 335). Nueva York, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Bruhn CM, Schutz HG (1989). Consumer awareness and Outlook for acceptance of food irradiation. *Food Technology*, 43(7), 93-94.
- Casteñanos, O. F. Torres, L.M. y Rossero, J. Aplicación de un modelo de inteligencia para la definición de estrategia tecnológica en diferentes niveles de complejidad institucional, en *Seminario Latino-Iberoamericano de gestión tecnológica* (XI, 2005, Brasil).
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. y Basak, T. (2013). Procesamiento de alimentos por microondas: una revisión. *Food Research International*, 52 (1), 243 - 261.
- Cheftel, J. C. (1995). Review: High-pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Sci Technol. Int.* 1, 75-90.
- Considine, K.M., Kelly, A.L., Fitzgerald, G.F., Hill, C. Sleator, R.D. (2008). High-pressure processing effects on microbial food safety and food quality. *FEMS Microbiol Lett* 281,1-9.
- COTRISA. *Análisis del sector triguero 2018*, (2, 8). Disponible en https://www.cotrisa.cl › actualidad › doc › sector_triguero_2018
- Delaquis, P. y Bach, S. (2012). Resistencia y daño subletal. Producir contaminación. En VM Gomez - Lopez (Ed.), *Descontaminación de productos frescos y mínimamente procesados* (págs. 77 - 86). NJ, EE.UU.: Wiley - Blackwell Publishing.
- Dexter, JE. y Wood, PJ. (1996). Aplicaciones recientes de desgranaje de trigo antes de la molienda. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de*

Alimentos, 7 (2), 35 - 41. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)81326-4](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)81326-4).

Doohan, FM., Brennan, J. y Cooke, BM. (2003). Influencia de factores climáticos en especies de *Fusarium* patógenas para cereales. *European Journal of Plant Pathology*, 109 (7), 755 - 768. <https://doi.org/10.1023/A:1026090626994>

Farkas, J., Ehlermann, D.A.E. y Mohácsi - Farkas, C. (2014). Tecnologías alimentarias: irradiación de alimentos. *Enciclopedia de Seguridad Alimentaria*, 3, 178 - 186. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00259-6>

Fernández, J. J., Barbosa-Cánovas, G. V. y Swanson, B. G. (2001). *Tecnologías emergentes para la conservación de alimentos sin calor*. Arbor, 168(661), pp.155-170.

Gálvez, J.C. y Buitimea, G.V. (s/f). *Uso de la radiación en la conservación de alimentos*. Recuperado de <http://www.revistauniversidad.uson.mx/revistas/2222articulo%207.pdf>.

Graham, D.M., Pariza, M.W., Glaze, W.H., Erdman, J.W., Newell, G.W. y Borzelleca, J.F. (1997). Uso de ozono para el procesamiento de alimentos. *Tecnología de los Alimentos*, 51 (6), 72 - 76.

Greene, A.K., Guzel - Seydim, Z.B. y Seydim, A.C. (2012). Propiedades químicas y físicas del ozono. En C. O'Donnell, BK Tiwary, PJ Cullen, y RG Rice (Eds.), *Ozono en la elaboración de alimentos* (pp. 26 - 28). Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd.

Hallberg, Kristin et al. "Revolutions in Technology for Development". *Notes from the symposium "Marshaling Technology for Development" organized by The World Bank and the National Research Council of U.S.A.* 1995. <http://www.worldbank.org/html/fpd/technet/revol.htm>. Noviembre 10 de

2003.

Heddleson, R.A. y Doores, S. (1993). Factores que afectan el calentamiento por microondas de los alimentos y la destrucción inducida por microondas de los patógenos transmitidos por los alimentos: una revisión. *Journal of Food Protectio*, 11, 1025-1037.

Hertwig, C., Meneses, N., Mathys, A., Plasma a presión atmosférica fría, y haz de electrones de baja energía, como alternativas de descontaminación no térmica para superficie de alimentos secos: una revisión. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 77, Julio 2018, pp. 131- 142.

Herrero, A.M., y Romero de Ávila, M.D. (2006). *Innovaciones en el procesado de alimentos: Tecnologías no térmicas*. Rev. Med. Univ. Navarra, 50(4), 71-74.

Hoover, D.G. (1997). Minimally processed fruits and vegetables: reducing microbial load by nonthermal physical treatments. *Food Technol*, 51(6), 66-71.

Icier, F., Ilicali, C. (2005). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *Food Research International*, 38: 1135-1142.

Instituto Nacional de Estadística (INE). Decima encuesta nacional de innovación. 2017. <https://www.economia.gob.cl> › 2018/02/22 › [decima-encuesta-de-innovaci...](#)

Jess, S., Kildea, S., Moody, A., Rennick, G., Murchie, AK y Cooke, LR (2014). Política de la Unión Europea sobre pesticidas: implicaciones para la agricultura en Irlanda. *Plagas Gestión de la Ciencia*, 70 (11), 1646 -1654. <https://doi.org/10.1002/ps.3801>.

Keklik, N.M., Demirci, A. y Puri, V.M. (2010). Descontaminación de pechuga de

pollo deshuesada sin empacar y empacada al vacío con luz ultravioleta pulsada. *PoultryScience*, 89 (3), 570 - 581. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00476>.

Keklik, N.M., Krishnamurthy, K. y Demirci, A. (2012). Descontaminación microbiana de alimentos por luz ultravioleta (UV) y UV pulsada. En A. Demirci y MO Ngadi (Eds.), *Descontaminación microbiana en la industria alimentaria - Nuevos métodos y aplicaciones* (págs. 344 - 369). Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing Limited.

Kozempel, M., Annous, B., Cook, R., Scullen, O.J. y Whiting, R. (1998). Inactivación de microorganismos con microondas a temperaturas reducidas. *Revista de Protección de Alimentos*, 61 (5), 582 - 585.

Kosiak, B., Torp, M., Skjerve, E. y Andersen, B. (2004). *Alternaria* y *Fusarium* en granos noruegos de calidad reducida: un estudio de muestra de pares pareados. *Revista Internacional de Microbiología de Alimentos*, **93** (1), 51 - 62. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.10.006>.

Labra, R. and Sánchez, MP (2013). National Intellectual Capital Assessment Models: A literature review, *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 14 (4), pp. 582 – 607.

Laca, A., Mousia, Z., Díaz, M., Webb, C. y Pandiella, SS (2006). Distribución de la contaminación microbiana dentro de los cereales. *Food engineering magazine*, 72 (4), 332 - 338. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.012>

Liu, Y., Pan, X. y Li, J. (2015). Un registro de 1961 - 2010 del uso de fertilizantes, la aplicación de pesticidas y los rendimientos de cereales: una revisión. *Agronomía para el desarrollo sostenible*, 35, 83 -

93. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0259-9>.

- Los, A., Ziuzina, D. y Bourke, P. (2018). Tecnologías actuales y futuras para la descontaminación microbiológica de granos de cereales. *Journal of Food Science*, Volumen 83, Número 6, Junio 2018, Páginas 1484-1493.
- Lund, F. y Frisvad, JC (2003). Verrucosum *Penicillium* en el trigo y la cebada indica la presencia de ocratoxina A. *Journal of Applied Microbiology*, 95 (5), 1117 – 1123. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02076.x>
- Lung, H. M., Cheng, Y. C., Chang, Y. H., Huang, H. W., Yang, B. B., & Wang, C. Y. (2015). Microbial decontamination of food by electron beam irradiation. *Trends in Food Science and Technology*, 44(1), 66 – 78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.005>
- Lynch, M.F., Tauxe, R.V. y Hedberg, C,W. (2009). La creciente carga de brotes transmitidos por alimentos debido a productos frescos contaminados: riesgos y oportunidades. *Epidemiología e infección*, 137, 307 - 315.
- Maftei, N.A., Ramos-Villarroel, A.Y., Nicolau, A.I., Mart, O., y Soliva-fortuny, R. (2013). Inactivación de luz pulsada de mohos naturales en grano de trigo. *Revista de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura*, **94**, 721 - 726. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6324>
- Magan, N. y Aldred, D. (2006). Manejo del deterioro microbiano en cereales y productos para hornear. En C. Blackburn (Ed.), *Microorganismos de descomposición de los alimentos* (págs. 194 - 212). Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing Ltd.
- McKenna, B.M., Lyng, J., Brunton, N. and Shirsat, N. (2005). Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering* (Article in Press).

- Morcillo, P. (2006). *Cultura e innovación empresarial: La conexión perfecta*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Morehouse K.M., & Komolprasert, V. (2004). *Irradiation of food and packaging: an overview*. In: Komolprasert V, Morehouse KM, editors. *Irradiation of food and packaging: recent developments*. Boston, Mass: American Chemical Society. pp. 1–11.
- Morris, C., Brody, A. L., & Wicker, L. (2007). Non-thermal food processing/preservation technologies: A review with packaging implications. *Packaging Technology and Science*, 20, 275–286.
- Nierop, S. Van. (2006) El impacto de los microorganismos en la calidad de la cebada y la malta: una revisión. *Revista de la Sociedad Americana de elaboración de la cerveza Químicos*, 64 (2), 69 - 78. <https://doi.org/10.1094/asbcj-64-0069>
- Oblitas Cruz J. 2017, *Tecnologías emergentes en la preservación de alimentos – Revisión/1*. Director EAP. Ingeniería Industrias Alimentarias Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Av. Atahualpa 1050, Cajamarca-Perú. Caxamarca 16 (2) 2017: 151 – 161.
- O'Donnell, C., Tiwary, B. K., Cullen, P. J. y Rice, R. G. (2012) Estado y tendencias del ozono en el procesamiento de alimentos. En C. O'Donnell, BK Tiwary, PJ Cullen y R. G Rice. (Eds.), *Ozono en el procesamiento de alimentos* (pp. 1 - 2). Reino Unido: Blackwell Publishing Ltd.
- Parzanese, M. (s/f). *Tecnologías para la industria alimentaria*. Ultrasonidos. Ficha N° 19, pp. 1-9.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research policy*, 13(6), 343-373.

- Pérez, B. S. (2001). Nuevos alimentos y nuevas tecnologías emergentes de la industria alimentaria. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia, pp. 143 – 188.
- Pérez, Carlota. “Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto”. En Carlos Ominami (ed.). El sistema internacional y América Latina. *La tercera revolución industrial. Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*. Buenos Aires: RIAL, Grupo Editor Latinoamericano. 1986. pp. 43-89.
- Pérez, Carlota. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. Cambridge. *Journal of economics*, 34 (1), 185-202.
- Qin, B. L., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G., Pedrow, P. D. y Olsen, R. G. (1998). *Inactivating microorganisms using a pulsed electric field continuous treatment system*. IEEE Trans. Ind. Appl. (34), 43-50.
- Reddy, M. V. B., Raghavan, G. S. V., Kushalappa, A. C. y Paulitz, T. C. (1998). Efecto del tratamiento con microondas sobre la calidad de las semillas de trigo infectadas con *Fusarium graminearum*. *Revista de Investigación de Ingeniería Agrícola*, 71, 113 - 117.
- Resurrección A. V. A., Galvez F. C. F., Fletcher S. M., Misra S. K. (1995). *J Food Prot* 58: 193.
- Richardson, S. D., Thruston, Jr A. D., Caughran, T. V., Collette, T. W., Patterson, K. S. y Lykins, Jr W. W. (1998). Subproductos químicos del cloro y desinfectantes alternativos. *Tecnología de los Alimentos*, 52, 58 - 61.
- Röder, O., Jahn, M., Schröder, T., Stahl, M., Kotte, M., Beuermann, S., Die e-ventus Technologie – eine Innovation zur nachhaltigen Reduktion von pflanzenschutzmitteln mit Empfehlung für Bio-Saatgut/E-ventus

technology – an innovative treatment method for sustainable reduction in the use of pesticides with recommendation for organic seed. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 4 (2) (2009), pp. 107-117.

Rodriguez Salvador - Marisela. La inteligencia tecnológica: elaboración de mapas tecnológicos para la identificación de líneas recientes de investigación en materiales avanzados y sinterización, *tesis (Doctorado en Administración y Dirección de Empresas)*, España, Universidad Politécnica De Cataluña, 1999, 180 p.

Sauer, D. B. y Burroughs, R. (1986). Desinfección de las superficies de las semillas con hipoclorito de sodio. *Fitopatología*, 76, 745 - 749.

Soleno Vilches R., (2015). Tecnologías no térmicas en el procesado y conservación de alimentos vegetales. Una revisión. *Revista Colombiana Agroindustriales*, Vol. 2, 73-83 p. <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.172>

Sun, C., Zhu, P., Ji, J., Sun, J., Tang, L., Pi, F. y Sun, X. (2017). Papel del dióxido de cloro acuoso en el control del crecimiento de *Fusarium graminearum* y su aplicación en trigo contaminado. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 555 - 561. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.032>

Tapias García, Heberto. Capacidades tecnológicas: Elemento estratégico de la competitividad. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, núm. 33, junio, 2005, pp. 102-103, 109. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.

Urgiles, E., Wilcox, J., Montes, O., Osman, S., Venkateswaran, K., Cepeda, M., Pillai, S., Electron beam irradiation for microbial reduction on spacecraft components IEEE. *Aerospace Conference Proceedings* (2007), pp. 1 –

15.

- Virto, R., Manas, P., Alvarez, I., Condon, S. y Raso, J. (2005). Daño de membrana e inactivación microbiana por cloro en ausencia y presencia de un sustrato que requiera cloro. *Microbiología Ambiental Aplicada*, 71 (9), 5022 - 5028. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.5022>
- Yeom, H.W., Zhang, Q. H. & Chism, G. W. (2002). Inactivation of pectin methylesterase in orange juice by pulsed electric fields. *Journal of Food Science* 67, 2154-2159.
- Ziuzina, D., Patil, S., Cullen, P.J., Keener, K.M. & Bourke, P. (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella entericaserovar Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiology*, 42, 109-116.

9. ANEXOS

Anexo 1: Métodos y tecnologías actuales utilizados para la conservación de granos de cereales.

Método/tecnología	Descripción	Limitaciones	Referencias
Pesticidas	Productos químicos diseñados para prevenir y controlar la aparición de plagas que causan daños a los cultivos: mohos (fungicidas), malezas (herbicidas) e insectos (insecticidas).	A) Altos impactos ambientales.	Liu et al., (2015).
		B) Impacto negativo directo en la salud humana.	Jess et al., (2014).
		C) Aumento de la resistencia a los pesticidas.	Aktar et al., (2009).
El secado	Los granos se secan a un bajo contenido de humedad.	A) Falta de uniformidad del proceso.	Varga et al., (2010).
		B) El secado excesivo puede dañar los granos y causar pérdidas económicas, así como aumentar la contaminación por micotoxinas.	Magan y Aldred, (2006).
Debranning	Proceso durante el cual las capas de salvado se eliminan del endospermo por fricción y abrasión.	A) No es completamente adecuado para el trigo debido al pliegue en los granos de trigo.	Laca et al., (2006).
		B) Demanda de granos integrales en el mercado.	Dexter y Wood (1996)

Cloro e hipoclorito	Debido a su capacidad oxidante, los tratamientos con cloro e hipoclorito son uno de los procesos más utilizados para el control microbiano.	A) Baja inactivación de esporas fúngicas en granos de cereales y generación de subproductos tóxicos después del tratamiento.	Delaquis y Bach (2012);
			Virto et al., (2005);
			Andrews et al., (1997);
			Sauer y Burroughs, (1986).
Irradiación	Exponer los alimentos a una cierta cantidad de radiación ionizante.	A) Puede modificar negativamente la calidad y las propiedades tecnológicas de los cereales y sus productos.	Lung et al., (2015);
			Farkas et al., (2014);
			Lynch, Tauxe y Hedberg (2009)
Ozono	Oxígeno triatómico formado por la adición de un radical libre de oxígeno al oxígeno molecular	A) El costo del tratamiento puede ser relativamente alto debido a la tecnología compleja.	Greene et al., (2012);
			Agencia de Protección Ambiental [EPA] (1999)

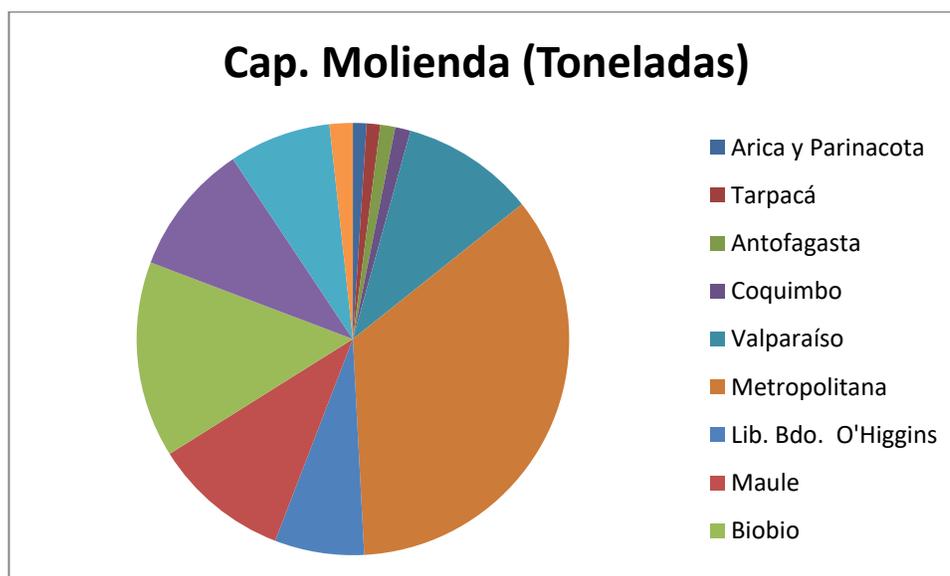
Fuente: Los, Ziuzina, Bourke (2018).

Anexo 2.1: Capacidad molinera por regiones en Chile.

Región	Cap. Molienda (Toneladas)	Cap. Molienda (%)
Arica y Parinacota	24.000	1
Tarapacá	24.000	1
Antofagasta	26.400	1
Coquimbo	27.000	1
Valparaíso	236.000	10
Metropolitana	824.400	35
Lib. Bdo. O'Higgins	158.000	7
Maule	241.900	10
Biobío	346.900	15
Araucanía	233.500	10
Los Ríos	180.000	7
Los Lagos	41.000	2
Totales	2.363.100	100

Fuente: Cotrisa (2018).

Anexo 2.2: Capacidad molinera por regiones.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Equipo de desinfección de granos por radiofrecuencia.



Link equipo radiofrecuencia para granos: https://youtu.be/Xy-wr1uy_yU

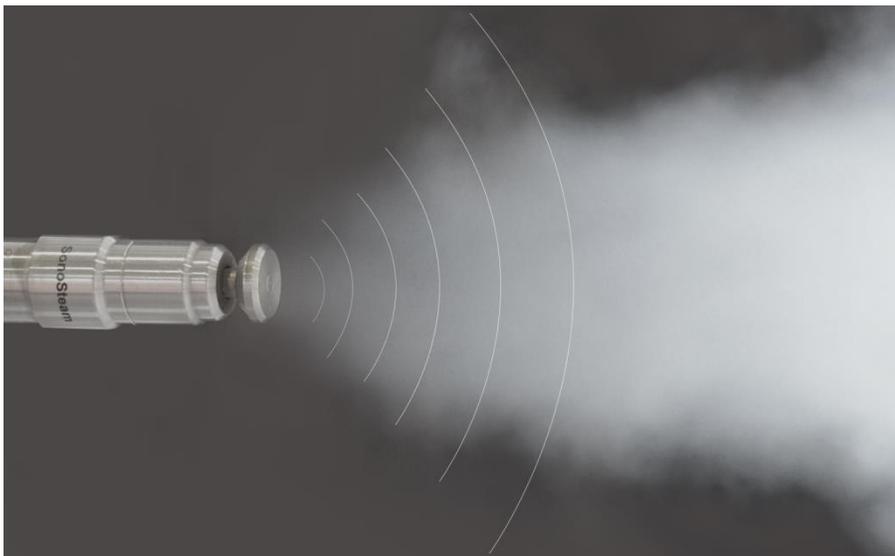
Anexo 4: Equipo de desinfección de granos y cereales por microondas.



Link equipo microondas para granos:

https://es.made-in-china.com/co_synotherm/product_Microwave-Disinfestation-System-for-Rice-Oat_eyniiggry.html

Anexo 5: Equipo de desinfección con vapor sobrecalentado y ultrasonido.



Link equipo US combinado con vapor vivo para alimentos:
<https://sonosteam.com/es/front-page-es/>

Anexo 6: Túnel ultravioleta.

TÚNEL ULTRAVIOLETA

El túnel de exposición ultravioleta construido en Acero Inoxidable tipo AISI-304 ofrece una solución no invasiva y simple para la sanitización superficial de piezas y empaque.

Diagram illustrating the effect of UV radiation on DNA structure. The left side shows the 'Estructura del ADN' (DNA structure) as a double helix. An arrow labeled 'UV' points to the right, where the DNA structure is shown being disrupted, labeled 'Efecto de la radiación UV' (Effect of UV radiation).

Equipo sobre pedido

Bandas

Deshebradoras

Embuchadoras neumáticas

Formadoras de pastillas

Líneas de freído

Llenadoras sobreflujo

Marmitas

Mesas giratorias

Molinos

Anexo 7: Links con información técnica de túnel luz ultravioleta:

<http://tecpra.com/equipos-sobre-pedido/tunel-ultravioleta/>

<http://www.solucionesultravioleta.com/tunel-ultravioleta-uv-solutions-en-alimentos-bandas-transportadoras-huevos-lacteos-aimentos-envases>

<https://ultravioletalamparas.com/#>

https://www.cuben.com.ar/catalogos/36_TUNEL_UV_03.pdf

<https://www.metalboss.com.mx/tunel-ultravioleta>