

Revisión sistemática de levaduras empleadas en el proceso fermentativo para la obtención de Vodka en el presente milenio a nivel mundial.

Ana María Carabalí Banderas
Angie Lizeth Escobar Muñoz

Trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Microbiólogo.

Director (a):

John Eric Mellizo Cerón PhD.

Línea de Investigación:

Biotecnología

Grupo de Investigación:

GIM

Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas,
Programa de Microbiología
Ciudad, Colombia

2024

Revisión sistemática de levaduras empleadas en el proceso fermentativo para la obtención de Vodka en el presente milenio a nivel mundial.

RESUMEN

El análisis realizado en este documento aborda la historia, producción y relevancia cultural del vodka, destacando su evolución desde un brebaje medicinal hasta una bebida emblemática a nivel mundial. Se enfatiza su importancia en la cultura rusa y polaca, así como la diversidad de técnicas de producción y variedades disponibles en el mercado real. La fermentación, un paso esencial en la producción de vodka, se examina con detalle, destacando el papel vital de las levaduras, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, en el proceso de fermentación alcohólica. Se plantearon interrogantes sobre el uso de levaduras en la producción mundial del vodka explorando cómo estas contribuyeron a la eficiencia de la fermentación y al perfil final de la bebida. Se discutieron las metodologías de búsquedas bibliográficas de artículos científicos entre el año 2000 y 2022 con criterios específicos para la obtención de información relevante sobre las levaduras utilizadas en la producción de vodka. Se presentaron los resultados detallados sobre el proceso bioquímico de la fermentación, las variables que influyen en este y los ejemplos concretos del desarrollo fermentativo del vodka utilizando sustratos como la patata y cepas de levadura.

Por último, se destacaron las implicaciones prácticas de esta investigación para la industria del vodka, señalando como la comprensión del papel de las levaduras y la fermentación, puede mejorar la calidad y eficiencia de la producción, enfatizando en el campo de la competitividad en el mercado global de las bebidas alcohólicas.

Palabras Claves: Bebidas alcohólicas, vodka, proceso bioquímico, fermentación alcohólica, levadura.

ABSTRACT

This article analyzes the history, production and cultural relevance of vodka, highlighting its evolution from medicinal concoction to global flagship drink. Emphasis is placed on its importance in Russian and Polish culture, as well as on the diversity of production techniques and varieties available on the real market, highlighting the vital role of yeasts, especially *Saccharomyces cerevisiae*, in the alcoholic fermentation process.

Questions were raised about the use of yeasts in global vodka production by exploring how they contributed to fermentation efficiency and the final beverage profile. Literature search

methodologies of scientific articles between 2000 and 2022 were analyzed with specific criteria to obtain relevant information on yeasts used in vodka production. Detailed results were presented on the biochemical process of fermentation, the variables that influence it and specific examples of the fermentative development of vodka using substrates such as potato and yeast strains.

Finally, the practical implications of this research for the vodka industry were highlighted, noting how understanding the role of yeast and fermentation can improve quality and production efficiency, with an emphasis on the area of competitiveness in the global spirits market.

Keywords: Alcoholic beverages, vodka, biochemical process, alcoholic fermentation, yeast.

1 Introducción

El vodka es una de las bebidas más populares en Rusia, Polonia y otros países de Europa. Esta bebida se elabora con alcohol etílico agrícola mediante la fermentación de cereales, patatas y otros derivados agrícolas, consta de un sabor fuerte, concentrado, con más de 40 grados de alcohol, de apariencia incolora y la mayor parte de su consumo ocurre en países de clima frío, esto debido a su alto contenido de alcohol que proporciona calor a bajas temperaturas. En lugares de clima caliente, esta bebida debe ser tomada fría; pues al bajar su temperatura, la percepción del grado de alcohol con el sentido del gusto es menor [1][2].

El auge del vodka se produjo en el siglo XII, y si bien su nacionalidad exacta aún está en debate, es un tema que continúa en disputa entre Rusia y Polonia. La primera referencia escrita del término "vodka" se remonta al año 1405 en Polonia. Sin embargo; ambos países tienen quejas, y la palabra "vodka" tiene raíces tanto polacas como rusas [1].

El vodka ha sido una parte fundamental de la historia rusa desde el siglo XVI. Durante la década de este mismo siglo, el vodka tuvo un gran impacto en Moscú. El país ha tenido una fijación relevante con esta bebida y se mantuvo durante la época feudal hasta la llegada de la revolución en el año 1917, esta revolución exilió a muchos destiladores rusos, incluyendo a la familia Smirnov, a quienes pertenecía la destilería más importante de Moscú que para el año 1986 vendió 45 millones de botellas. Vladimir Smirnoff, que, por el exilio, en 1923, cambió su nombre por una versión más francesa, se estableció en Niza, Francia, donde le otorgó poder a los destiladores locales para usar el nombre y la receta de Smirnoff en la comercialización del vodka [1].

Smirnoff vendía 5.000 cajas al año durante 1939. El mercado y comercio estadounidense del vodka tuvo un aumento significativo posterior a la segunda guerra mundial, vendiendo así en 1953 un promedio de 850.000 cajas, siendo Smirnoff el vodka más popular a nivel mundial [1].

El vodka permaneció bajo los comunistas y los zares. El zar y sus nobles, intendentes y comerciantes controlaban todo lo relacionado con la bebida, ventas de bienes y terrenos donde se propiciaba la producción. Así, tras el siglo XVII, se monopolizó la venta y destilación del vodka mediante las tabernas estatales y, a mitad del XVII, el vodka se transformó en la bebida más popular y consumida en la vida social rusa [1].

Mientras los destiladores de vodka realizaban ensayos con distintas mezclas de sabores, también indagaban de qué manera obtener sabores más limpios y con mucha más pureza, logrando ser precursores de nuevos métodos de clarificación y filtración. A finales del siglo XIX instauraron para la filtración del vodka estándares de calidad como la concentración mínima para beber de 40

% ABV (Alcohol por Volumen) y el número de destilaciones, como fuente de alcohol para la

destilación, solo se aprobaron remolachas, patatas, cereales y otros carbohidratos propicios para la destilación [1].

Por otra parte, el vodka en su historia vuelve y nos conduce a Polonia, en los siglos XV y XVI, el rey de la época permitió a los nobles destilar bebidas espirituosas y monopolizaba las tierras para

comercializar el vodka que fabricaban. La producción de vodka se volvió más industrial en el siglo XVI en lugares como Cracovia, Poznań y Gdańsk [2].

Estos primeros vodkas no se empleaban como bebida como se hace hoy en día, se utilizaba con fines medicinales, para disminuir el dolor, para tratar heridas y hasta como tratamiento para el acné, como también para la creación de perfumes y cosméticos. Esta bebida primitiva, solo contenía 14% ABV. En aquella época su sabor no era de mucho agrado, por lo que no se tenía pensado para un consumo social, la palabra de origen polaco para lo que hoy en día llamamos vodka era “gorzalka” que al traducirlo su significado es “agua ardiente”. Siglos después la gente descubriría el proceso de la doble y triple destilación y a partir de ahí comprenderían que, para aumentar su concentración en olor y sabor, deberían destilar el licor varias veces [2].

En Polonia era una actividad doméstica y cotidiana la destilación de bebidas espirituosas. La popularidad del vodka impulsó a que la producción de esta bebida se comenzara a realizar de manera industrial, de esta época proviene marcas de vodka polacas muy conocidas, como Żubrówka [2].

El vodka ha experimentado transformaciones notables en términos de producción, regulación y su papel en la sociedad rusa. Desde los inicios de la creación del vodka, sus fabricantes implementaron modos particulares para la obtención de alcohol; tales como, la filtración a través de mantas de lana, congelación de alcohol, uso de coagulantes como la clara de huevo y leche para filtrar las partículas suspendidas, como también la filtración por medio de arena y carbón.

Este adelanto en el proceso sucedió debido a un químico alemán llamado Johann Tobías Lowitz, trabajador de la academia de ciencias de San Petersburgo, en 1875 desarrolló un estudio de manera sistemática sobre la filtración del carbón, estudio basado en la indagación de las propiedades de absorción de bosques en distintas sustancias, dando a conocer el valor de carbón en la madera del árbol de abedul, tilo y aliso. En el siglo XIX esta fue la acción que comenzaría a perfeccionar el sabor proporcionado al vodka ruso.

En 1865 las investigaciones a nivel sensorial efectuadas por Dimitri Mendeleev permitieron mejorar la calidad y los estándares del producto, sugiriendo que la venta del vodka no se realizara por debajo del 40% ABV, convirtiéndose este hecho en ley. Esto dio paso a reglamentaciones más rigurosas en cuanto a la profundidad de las columnas de filtración y la edad permitida de la madera de abedul para la fabricación del carbón vegetal. Por otra parte, en 1907 un hombre ruso se

convertiría en pionero en la invención del carbón activado. En el cese a la prohibición de la destilación en 1924, la filtración del vodka con carbón activado fue una mejora en el proceso de destilación lo que dio paso al “Vodka Moderno”. [1].

En la actualidad, según datos y análisis de IWSR (Drinks Market Analysis), indican que el crecimiento y el auge del vodka ha sido muy estable y se espera que permanezca de la misma manera durante los próximos cinco años, por otra parte, la categoría premium, ha presentado un desarrollo con mejores resultados, aumentando su consumo en volumen un +6% en 2022, con un aumento esperado de +3% en volumen CAGR 2022-27 [3].

La marca de vodka Belvedere 10, hace énfasis al origen de sus materias primas y brinda una versión lujosa. El desplazo a la categoría premium también está presente en los vodkas aromatizados, como la edición limitada de la marca Cîroc de sabor a melón con miel, “Cîroc Honey Melon” [3].

En cuestión de sabor, el vodka cuenta con una amplia variedad, desde lo tenue hasta lo amplio, de tal manera los productores no solo se encargan de darle relevancia al sabor de las materias primas utilizadas, sino que también resaltan el sabor de ingredientes adicionales. En casos específicos realizan el proceso similar al de la ginebra en la destilación de sus ingredientes botánicos para la extracción de sus sabores, evitando la adición de ingredientes. La Glasgow Distillery Company elabora vodka botánicos, frescos, cítricos y con sabor a café, ambos con una mezcla de ingredientes; por otra parte, Absolut cuenta con una gran variedad de sabores, el Absolut Wild Berri se presenta sin azúcares añadidos y el Absolut Tropical Fruit cuenta con un ABV de sólo el 20%, el Absolut Smoky Piña combina sabores de piña ahumada y chile. Este lanzamiento toma ventaja de la tendencia de licores de agave, así como el aumento del prestigio de los sabores mexicanos y partiendo de esta estrategia, la marca Stoli también ha lanzado un nuevo sabor de Chamoy haciendo alusión al condimento mexicano con el mismo nombre, mezclado con diferentes tipos de chile y frutas encurtidas [3].

Otra tendencia en aumento en este tipo de bebidas espirituosas como el vodka, es darle énfasis a su procedencia, lo que ha tenido fuerza en los últimos años, ya que históricamente las marcas de vodka se centraban en los sabores evidentes, los indicadores de pureza y las señales premium. Por ejemplo, la destilería Boatyard de Irlanda, fabrica un vodka a partir del trigo y ofrece la posibilidad de rastrear al campo en específico y al agricultor. El vodka Reid Single Malt de Cardrona Distillery en Nueva Zelanda adopta un enfoque análogo, destacando los sabores de la malteada y la cebada [3].

En estados Unidos, el vodka de marca Tito's Handmade le da relevancia y su origen ('Made in Austin, Texas'), utilizando el maíz como ingrediente principal, destacando su proceso de destilación en alambique y de esta manera, siendo una bebida artesanal, brinda rasgos patrimoniales entorno a su destilación y a sus ingredientes [3].

La responsabilidad social y la sostenibilidad de las marcas de bebidas espirituosas contemporáneas son un factor fundamental y relevante en la actualidad, por ejemplo, Meili Vodka del actor Jason Momoa, elaborado con los granos obtenidos de las granjas propias ubicadas cerca de las destilerías y fuentes de agua de la misma marca, contribuyendo así, a la disminución de la huella de carbono y envasando el producto en botellas de vidrio 100% reciclado. Por otro lado, existen marcas de vodka que aprovechan el desperdicio de los alimentos como Ugly Vodka, esta bebida está hecha a partir de manzanas que han sido desechadas, de esta manera, el primer lote fabricado de la marca evitó que 20 toneladas de manzana fueses desperdiciadas [3].

Las materias primas incursionan un papel importante tratándose de olores y sabores en la producción del vodka. El centeno proporciona una nota mineral y de sabor a nuez en el vodka, el trigo otorga rasgos de pimienta y anís, las patatas ocasionan en el bebedor una sensación en boca más prominente [1]. Así mismo, La fermentación del etanol para la elaboración del vodka también

implica la obtención de pequeñas cantidades de productos secundarios como compuestos alcohólicos, entre ellos se encuentran ácidos carboxílicos, ésteres, aldehídos y alcoholes superiores, compuestos causantes de las características organolépticas de las bebidas alcohólicas, que también pueden incluir impurezas orgánicas como carbonato de etilo, metanol y acroleína, o impurezas inorgánicas como cobre, plomo y arsénico [3]. Las distintas cepas de levadura utilizadas en proceso de fermentación también influyen en estas características organolépticas, dejando rasgos de compuestos químicos [1].

Las levaduras fueron los primeros microorganismos utilizados como fuente de proteínas, especialmente *Saccharomyces cerevisiae*, que actualmente es la principal fuente de proteína unicelular, conocida también por ser obtenida de la biomasa microbiana [4]. Las levaduras agrupan una gran variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, no solamente especies inocuas sino de gran utilidad, son utilizadas desde la antigüedad en la elaboración de productos de interés industrial como, por ejemplo: cerveza, vino, pan [5].

Las levaduras cuentan con macromoléculas que son las que incluyen proteínas, polifosfatos polisacáridos, glicoproteína, ácidos nucleicos y lípidos. La pared celular de las levaduras se compone de entre 15 y 25 % de la masa seca de la célula y los principales componentes son polisacáridos, glucanos y mánanos, cuentan con una menor contribución de quitina. asimismo, los lípidos y proteínas. En algunas destilerías, la recuperación de levaduras es utilizada como producto secundario, debido a la gran importancia de este, es necesario la implementación de tecnologías que perfeccionen la composición de la levadura y poder aumentar su perfil de uso [6]. Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se ha planteado la siguiente pregunta...

1.1 Formulación de la pregunta de investigación

¿Qué tipo de levaduras se utilizan a nivel mundial en la producción de vodka y cómo benefician estos microorganismos a esta industria, en cuanto a eficiencia en la fermentación y rendimiento en la producción del alcohol?

1.2 Objetivos

General:

Realizar una revisión sistemática detallada de microorganismos fermentadores, específicamente levaduras, que contribuyan al mejoramiento de la producción de vodka a nivel mundial; a partir del año 2000, con la finalidad de implementar alternativas de producción que generen un impacto beneficioso en la industria

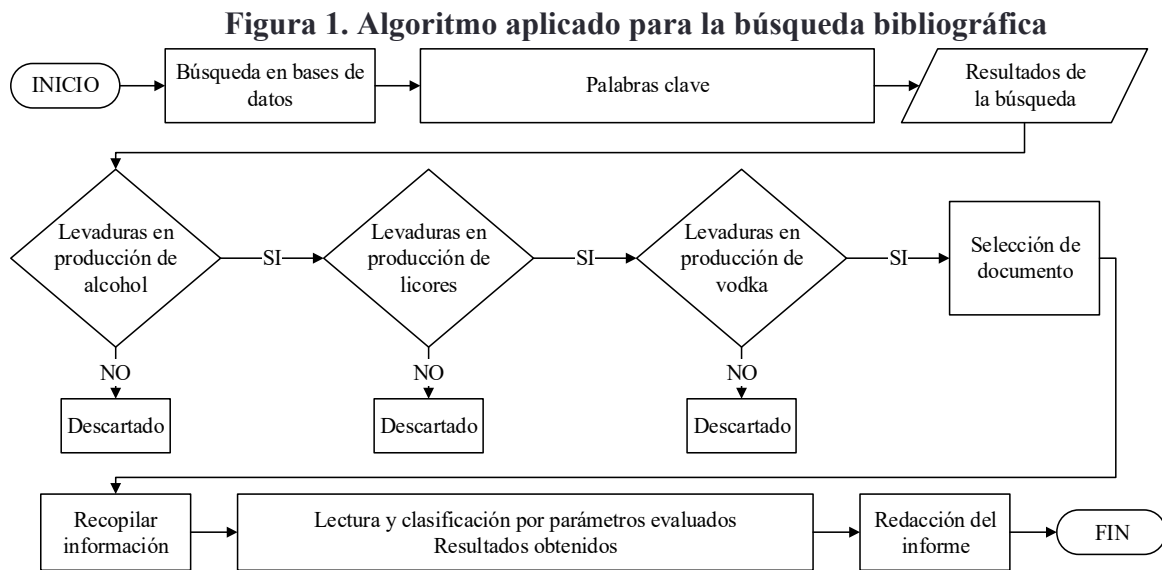
Específicos:

- Investigar y analizar de manera cualitativa, los procesos de fermentación alcohólica de los azúcares fermentables obtenidos por hidrólisis enzimática.
- Identificar las levaduras empleadas, que garantizan altos rendimientos en la producción alcohólica, a través de análisis de documentos y de registros estipulados en otros procesos de fermentación alcohólica; similares al objetivo de estudio.

- Determinar las características fisicoquímicas y organolépticas de la bebida destilada que se reportan en la literatura científica, tomando como base las referencias bibliográficas relacionadas con la investigación planteada en las últimas dos décadas.

2 Metodología

El algoritmo de búsqueda que se aplicará en esta investigación se presenta en la **Figura 1**. A continuación se detallan los pasos.



Fuente: elaboración propia

2.1 Búsqueda bibliográfica

La estrategia de búsqueda utilizada se basó de forma principal, en ecuaciones de palabras claves en español e inglés; tales como: vodka, levadura, fermentación, yeast, y fermentation, empleadas en motores de búsqueda establecidos con anterioridad (Scopus, Sciece Direct, Springer, Taylor & Francis, Pubmed, Scielo, Google Scholar) en donde los resultados fueron muy reducidos, debido a la poca información disponible sobre el tema de interés, teniendo en cuenta los criterios de inclusión (artículos de revisión, capítulos de libros y libros, artículos relacionados con levaduras, específicamente *Saccharomyces cerevisiae*, artículos relacionados con la fermentación alcohólica del vodka) y exclusión (artículos publicados en otros idiomas distintos al español y al inglés, artículos relacionados en fermentación para otro tipo de bebida, artículos publicados previamente al presente milenio), la selección hecha por continentes como Asia, África, Europa, América y Oceanía.

Como resultado final se hallaron cuatro artículos. A través del motor de búsqueda Scopus se obtuvieron tres, una mini revisión sistemática del año 2015 (*The analysis of vodka: A review paper*) proveniente del país de Polonia, con la ecuación (vodka + fermentation), del mismo modo, del año 2017 se obtuvo una mini revisión (*El papel de la saccharomyces cerevisiae en la producción de ginebra y vodka*) de Reino Unido, con la ecuación (vodka + yeast), por otra parte del país de Brasil,

se encontró un artículo con la ecuación (vodka + yeast) del año 2016 (*Producción de vodka a partir de patata Solanum tuberosum L. utilizando tres aislado de saccharomyces cerevisiae*). Por último, por medio del motor de búsqueda Springer del país del Polonia, del año 2015, con la ecuación (vodka + fermentation) se halló un artículo de revisión (*El análisis del vodka*). A través de la selección realizada, se comenzó el proceso de recopilación y selección de información para la redacción del informe.

2.2 Criterios de inclusión

Criterios De Inclusión

Para este estudio se realizará la búsqueda de artículos científicos entre los años 2000 y 2022, en inglés y español.

- Artículos de revisión, capítulos de libros y libros.
- Artículos relacionados con levaduras, específicamente *Saccharomyces cerevisiae*.
- Artículos relacionados con la fermentación alcohólica del vodka.

Criterios De Exclusión

- Artículos publicados en otros idiomas distintos al español y al inglés.
- Artículos relacionados en fermentación para otro tipo de bebida.
- Artículos publicados previamente al milenio indicado.

2.3 Análisis de la literatura

En el proceso de búsqueda realizado, se encontró literatura muy limitada en cuanto al tema de interés, se utilizaron motores de búsqueda específicos; tales como: Scopus, Science Direct, Springer, Taylor & Francis, Pubmed, Scielo, Google Scholar, con ecuaciones predeterminadas obteniendo como resultado tres artículos encontrados.

Tabla 1. Bitácora de búsqueda

BITÁCORA DE BÚSQUEDA							
MOTOR DE BÚSQUEDA	FECHA	CONTINENTE	PAÍS	ECUACIÓN	Nº DE RESULTADOS	RESULTADOS MÁS RELEVANTES	MATERIAS PRIMAS Y/O MICROORGANISMOS EN EL PROCESO
Scopus	10/4/2023	Europa	Polonia	vodka + fermentation	1	2015 The Analysis of Vodka: A Review Paper	Trigo, centeno, patatas
			Reino unido	vodka + yeast	1	2017 Mini-revisión: El papel de saccharomyces cerevisiae en la producción de ginebra y vodka	Trigo, maíz, patata, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	10/4/2023	Sur América	Brasil	vodka + yeast	1	2016 Producción de vodka a partir de patata (<i>Solanum tuberosum L.</i>) utilizando tres aislados de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Patata <i>Solanum tuberosum</i>
	10/4/2023	Oceania	N/A	vodka + yeast / vodka + fermentation	0	N/A	N/A
ScienceDirect	10/4/2023	N/A	N/A	vodka + yeast / vodka + fermentation	0	N/A	N/A
Springer	10/4/2023	Europa	Polonia	vodka + fermentation	1	2015 El análisis del vodka: un artículo de revisión	Patatas, cereales
Taylor & Francis	10/4/2023	N/A	N/A	vodka + yeast / vodka + fermentation	0	N/A	N/A
Pubmed	10/4/2023	N/A	N/A	vodka + yeast / vodka + fermentation	0	N/A	N/A
Scielo	10/4/2023	N/A	N/A	vodka + yeast / vodka + fermentation	0	N/A	N/A
Google Scholar	10/4/2023	N/A	N/A	vodka yeast fermentation	0	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

3 Resultados: Revisión de literatura

3.1 Desarrollo de la temática y discusión

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, se evidenció una escasez de artículos que cumplieran con los criterios establecidos inicialmente. Este fenómeno puede atribuirse principalmente a la restringida disponibilidad de investigaciones en las últimas dos décadas sobre diversas cepas de levadura empleadas exclusivamente para la producción de vodka, limitación que encuentra su raíz en la naturaleza particular del proceso de obtención de esta bebida destilada, a diferencia de otras bebidas alcohólicas, como el vino y la cerveza, cuya proceso se realiza a partir de sustratos específicos con estudios de variación en los microorganismos de fermentación directamente.

El vodka, por tanto, resulta de ser un destilado de fermentación a partir de cualquier fuente de azúcar y los estudios de la variabilidad de los microorganismos de fermentación son orientados hacia la producción de alcoholes con aplicaciones más generales y comerciales, en caso de combustibles alternativos, industria de la medicina, síntesis química, entre otros usos.

Se han conocido comercialmente levaduras para producción de vodka que toleran hasta un 15% de alcohol, con marcas como la Liq Quik Pure que trabaja entre 25°C y 35°C, y la Still Spirits Pure Turbo que requiere un rango de funcionamiento entre 18°C y 24°C. También se conoce que empresas conocidas como Fermentis, Lallemand, Still Spirits y Alcotec se especializan en la producción de levaduras de forma comercial para la fermentación de bebidas como el vodka y ofrecen una amplia gama de cepas diseñadas específicamente para esta aplicación.

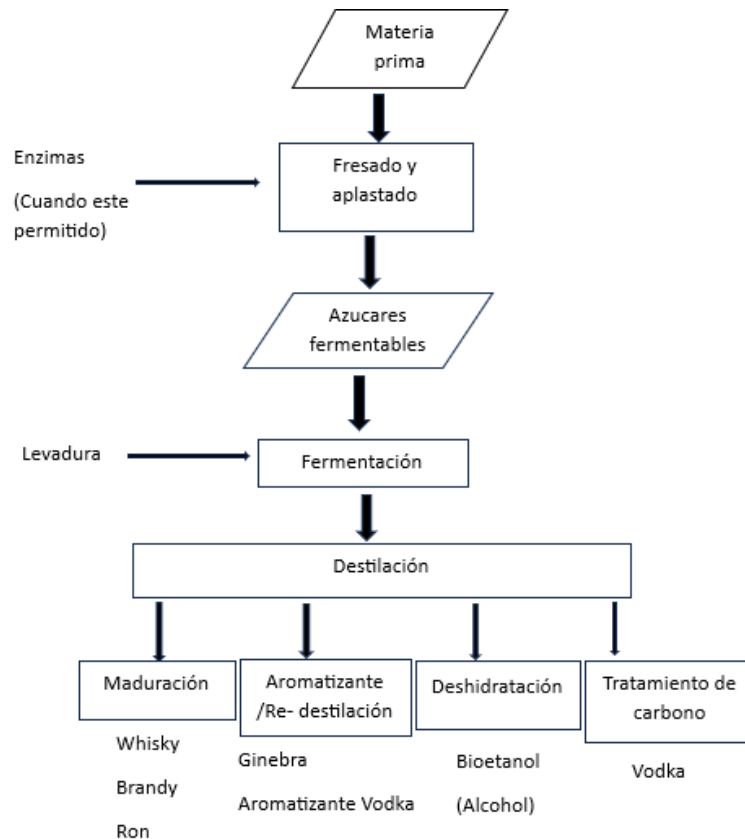
Asimismo, el Vodka, conocido como bebida espirituosa, igual que el Ginebra y otros licores similares, tendrán los rasgos propios del producto en la variación de otros parámetros diferentes a la fermentación, como lo son los insumos, el tratamiento de los sustratos iniciales y el proceso de su destilación. Para este estudio se tomaron como referencia los artículos encontrados en esta revisión y se enfatizó más en otros aspectos propios de la producción del vodka para responder la pregunta y los objetivos planteados de este estudio.

3.1.2. Proceso bioquímico de las bebidas alcohólicas

Se describe un esquema que refleja el procesamiento de almidón y azúcar en alcohol neutro, esto incluye el papel importante de las levaduras en las bebidas alcohólicas. La variedad de productos se evidencia en la diversidad de materias primas, pero el denominador común de estas bebidas es la fermentación con levadura [10].

Para la fermentación de bebidas alcohólicas para producir vodka, es fundamental observar las materias primas, llevando a lo que es el fresado y el aplastado (enzimas cuando lo permiten), y los azúcares fermentables, seleccionando la cepa de levadura, las condiciones y los métodos de destilación [10].

Figura 2. Resumen del proceso bioquímico de fermentación en bebidas alcohólicas



Fuente: elaboración propia

3.1.3 Variables que afectan la fermentación

En las destilerías que utilizan materias primas como los granos también producen aguardiente neutro o simple para la producción de vodka, usando el proceso de fermentación similar. La diferencia principal en producir bebidas espirituosas es que no es limitada de whisky escocés, por lo que hay una gama alta de opciones de procesamiento. En el más importante es que los destiladores que producen aguardiente neutro de cereales se les permite agregar enzimas de calidad alimentaria para degradar el almidón facilitando el procesamiento de los cereales y producir la principal cantidad de etanol [11].

En la producción de alcohol neutro permite una separación mayor de los semejantes aromáticos del alcohol que la producción de whisky de grano, para minimizar los niveles de compuestos aromáticos bajo los límites sensoriales. Por lo consiguiente, no es preciso que la levadura facilite el sabor específico, aun cuando los destiladores se aseguran de que las cepas seleccionadas no produzcan sabores indeseables que pasen por el proceso [11].

En la siguiente tabla se establece como ha surgido cada técnica moderna, como lo es la citometría de flujo siendo una técnica de análisis celular multiparamétrico, el cual se basa en hacer pasar una suspensión de partículas vinculadas linealmente y pasar una en una por delante de un haz láser

focalizado. Estas proporcionan los precedentes sobre lo que es la vitalidad, viabilidad y rendimiento de alcohol de la levadura durante el proceso de fermentación como las de mayor prioridad, los parámetros de fermentación rápida, rendimiento del alcohol, la temperatura del proceso y la competencia con otros microorganismos también son prioritarios en el proceso fermentativo, pero en un menor nivel.

Considerando cada variable que puede afectar el proceso, su tipo de importancia, ayuda a proporcionar a los destiladores cada necesidad específica para garantizar la calidad constante de las bebidas espirituosas [11].

Tabla 2 Resumen de variables que afectan la fermentación

Variable	Tipo de prioridad
Consistencia de la fermentación	
Vitalidad de la levadura	Prioridad muy alta
Fermentación rápida	
Rendimiento de alcohol	Alta prioridad
Temperatura	
Competitivo (v. Bacterias)	
Tolerancia al estrés	
Menos biomasa de la levadura	
Fermentación continua	Prioridad moderada
Carácter espiritual aceptable	
Fermentación de maltotriosa	Baja prioridad

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Caso concreto de fermentación en patata

Las levaduras son hongos unicelulares, principalmente se reproduce por gemación, estos microorganismos unicelulares crecen y se reproducen más rápido que los mohos filamentosos, siendo aptas para efectuar cambios químicos debido a su alto área superficial debido a su volumen. Las levaduras más utilizadas para los procesos fermentativos es la cepa *S. cerevisiae*, esta produce el alcohol mediante el metabolismo de azúcares de ella misma, en condiciones anaerobias ocurriendo la reacción de la fermentación, estas reacciones inician de igual forma y su primordial conexión es el glucolisis, llevando a cabo la conversión de la glucosa en energía mediante a reacciones enzimáticas.

En la producción de bebidas alcohólicas se basa en la conversión química de azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono, siendo catalizado por levaduras. El etanol producido por este proceso se consume en cerveza o sidra, vino y luego se destila en productos como whisky, brandy, y vodka.

En un estudio particular se analizaron distintos aislamientos de *S. cerevisiae* que se utilizan en la producción de vodka a partir de patatas. Además, buscaron validar los procesos de doble destilación y filtración para determinar si el producto final contenía compuestos secundarios por debajo de límites legales [12].

Utilizando sustratos como el de la patata, En las enzimas utilizadas incluyeron α -amilasa (Termamyl 2X/Novozymes derivada de Bacilo Licheniformis), con actividad enzimática de 240 KNU-T g-1 y amiloglucosidasa (AMG 300L/ Novozymes; derivada de Aspergillus Níger), contenido actividad enzimática de 300 AGU mL-1. Las cepas de levaduras utilizadas en este estudio fueron *S. cerevisiae* incorporó una levadura de panadería comercial de (Fleischman /Brasil), la cepa CA11, aislada durante la producción de bebidas alcohólicas, y la cepa CAT1, aislada de una planta de etano [12].

En este proceso se obtuvieron resultados que para la cepa CA11 generó más etanol (9,2% v/v, 7,86%v/v para levaduras seleccionadas y 8,4 %v/v para la cepa CAT1), para que la producción de etanol se inhibiera a la concentración elevada de sacarosa en medio. Al inicio del proceso de fermentación la inhibición es medida por sustrato y posteriormente en el consumo de azúcares [12].

La necesidad de sacarosa al hidrolizado de la patata incremento el contenido de azúcar en el mosto, aumentando el rendimiento de etanol. Esos ensayos de fermentación con levadura de panadería facilitan una mayor eficiencia general de (89%), rendimiento de etanol de (0,47g de etanol) y productividad de etanol de (6,05 g L-1 h-1) obtenidos con las cepas CA11 y CAT1 [12].

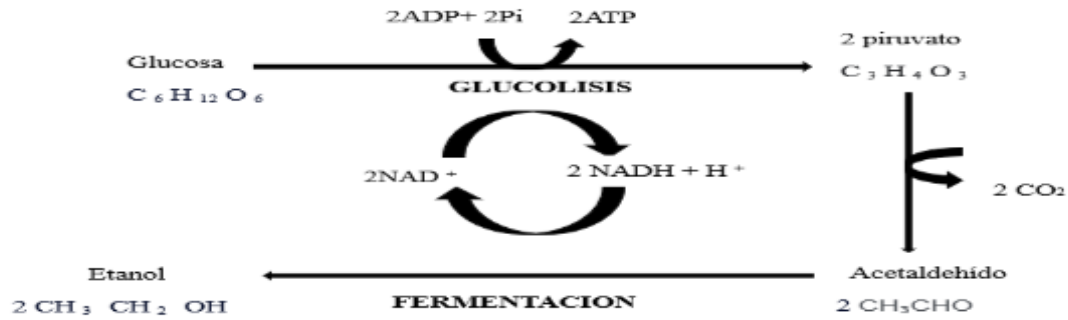
3.1.5 Ruta metabólica de la fermentación

Las levaduras fermentan los azúcares hasta transformarlos en alcohol, el dióxido de carbono y los metabolitos secundarios, en ese mismo tiempo se reproducen y se desarrollan en condiciones anaerobias. La glucólisis implica en las 10 enzimas citosólicas, donde la levadura degrada la glucosa y otros azúcares fermentables en piruvato, produciendo energía (2ATP) utilizada para aumentar las células de la levadura.

La terminación de esta vía es la fermentación, donde se involucran dos enzimas de levadura que convierten el piruvato en etanol y dióxido de carbono, dado que la levadura rehabilita NAD para tener control del equilibrio redox. Las enzimas claves de fermentación son el piruvato descarboxilasa y el alcohol deshidrogenasa [10].

Al final de la fermentación, la concentración inicial de los azúcares dicta el acatamiento final de etanol, Los principales azúcares fermentables encontrados en el mosto de cereales son glucosa, maltotriosa y maltosa, aunque los de la melaza son sobre todo sacarosa, como se resume en la figura 3.

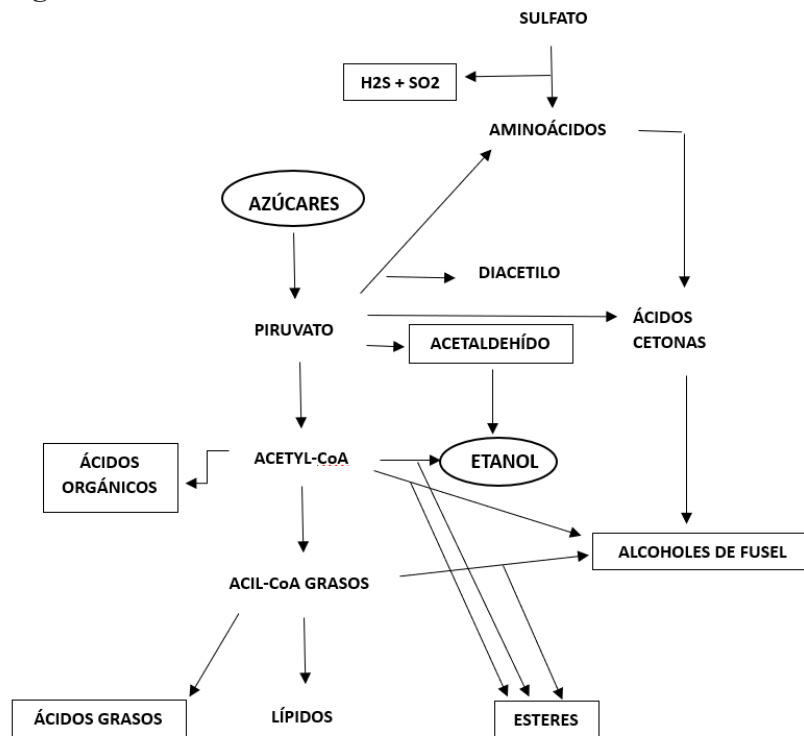
Figura 3. Resumen de la ruta metabólica de la fermentación



Fuente: elaboración propia

La siguiente figura muestra el proceso de la obtención de los productos secundarios a través de la ruta metabólica de la levadura

Figura 4. Productos metabólicos secundarios de la levadura.



Fuente: Elaboración propia

A partir del sulfato, ocurre la formación de dióxido de azufre (SO_2) más sulfuro de hidrógeno (H_2), conjugación que conlleva a la producción de aminoácidos, molécula orgánica que contribuye a la generación de azúcares de los que se desprende el piruvato y Acetyl-CoA, promotor de ácidos

orgánicos y etanol, este último proveniente del mismo modo, del acetaldehído originado por el piruvato.

3.1.6 Características generales de sabor y aroma

Las características de sabor y aroma de los derivados de la levadura en las bebidas alcohólicas, estos compuestos principales incluyen los ácido grasos y ésteres, ácidos orgánicos, alcoholes superiores, aldehídos y dicetonas. Estos compuestos comparten sabores y aromas, frutales y florales a cada bebida, facilitando durante la fermentación, y también hay compuestos que no son deseables por aroma y sabor [10].

En muchas destilerías los derivados por levadura contribuyen a las características del sabor de cada destilado, dentro de estos límites se deben controlar al seleccionar la cepa específicamente de levadura de destilería, esto se lleva junto a las contribuciones de microorganismos, como las bacterias ácido lácticas, siendo importantes para dar sabor y aroma en cada bebida alcohólica destilada [10].

Tabla 3. Resumen de características generales de sabor y aroma de acuerdo con las sustancias secundarias

COMPUESTOS	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SABOR	SABOR / AROMA
Acetato de etilo Butirato de etilo Caproato de etilo Caprilato de etilo Hexanoato de etilo Lactato de etilo Oceanoato de etilo Acetato de soamilo	Compuestos de ésteres, Comparten sabores, aromas florales y frutales a las bebidas alcohólicas fermentadas.	Disolvente, acetona piña, platano, mango manzana, anís Manzana Piña, platano verde Mantequilla, crema Manzana agria, albarincoque Pera, platano, afrutado
Diacetilo Pentano-2,3-diona	Compuestos dicetonas vecinales, no es deseables, debido al sabor de la mantequilla rancia, o caramelo.	Diloetil, mantequilla rancia Sabor caramelo
Sulfuro de hidrogeno Sulfuro de di-tri-metilo Dioxido de azufre Tioles	Compuestos de azufre indeseables, debido a su aroma con mayor concentración.	Huevos podridos, fosforos encendidos, quemado Goma Geosella negra
4-Guayacol vinílico 4-Etrenol Metro-cresol	Compuestos fenólicos.	Picante, ahumado, medicinal, turboso
Glicerol	Compuestos polioles, el glicerol es producido durante el metabolismo normal de la levadura enfrentándose a estrés osmótico, este compuesto aporta viscosidad deseable a bebidas alcohólicas.	Viscosidad
Ácido succinico Ácido cítrico Ácido acético Ácido láctico	Compuestos de ácidos orgánicos, contienen beneficios a la astringencia o agudeza de las bebidas alcohólicas, aunque la presencia de algunos ácidos no deseables, deterioro bacteriano.	Notas ácida
Acetaldehído	Compuestos carbonílicos, este contiene un sabor herboso o manzana verde.	Manzana verde
Propanol Isobutanol Alcohol isoamílico (3-metilbutan-1-ol)	Compuestos alcoholes superiores, estos imparten sabores y aromas deseables a bebidas alcohólicas fermentadas.	Alcohólico Farmacia Fusel, alcohólica, afrutada, Platano, petalos de rosa, perfume

Fuente: Elaboración propia

Los ésteres son compuestos químicos que aportan sabores frutales y florales a los destilados del alcohol, y son producidos por la levadura durante la fermentación. El acetato de etilo es el éster producido más comúnmente, mientras que el de isoamilo se forma en menor cantidad para dar aroma a las bebidas espirituosas.

Por otro lado, algunos ésteres, como el lactato de etilo, está relacionado con el metabolismo bacteriano del ácido láctico. Los alcoholes superiores, también derivados del metabolismo de la levadura, son importante en los licores destilados y su producción esta influenciada por la concentración de aminoácidos en el medio de fermentación. La elección de la cepa de levadura y el control de los congéneres de sabor son cruciales para determinar las características finales de sabor y aroma en las bebidas espirituosas destiladas.

3.1.7 Composición del vodka

Ya que los vodkas se producen partiendo de distintas materias primas agrícolas, como los cereales. Actualmente en el mercado se brindan diferentes marcas de vodka, entre ellos vodkas puros y aromatizados producidos por una o varias materias primas. Los diferentes tipos de producción de la misma manera difieren, lo que se implica en la composición del producto final. Por causa al número mayor de productos del vodka y al beneficio de los clientes por nuevos productos, es importante determinar con exactitud su composición [13].

Las concentraciones bajas de los compuestos presentes en este método aplican un amplio espectro de productos a base de alcohol. Se utiliza un sistema GC-FID, para determinar contenido de metanol, ftalato de dietilo en vodkas. Las concentraciones aceptables de metanol no en el vodka puro son de 1000 mg/l de vodka; para vodkas aromatizados la concentración aceptable es de 2g/l de vodka [13].

En diferentes países se determinan sustancias de especies químicas variadas, identificadas con distintas técnicas de caracterización como la conductividad, cromatografía de gases, cromatografía iónica y espectroscopia, debido a esto se determinan diferencias en el tipo de vodkas identificados por la calidad del etanol variado.

Se determina la alta calidad en diferentes marcas (se compara con otras), observando la cantidad de sustancias contenidas, como el metanol, admisible a concentraciones de 2 g/l de vodka, relacionado con también con el contenido de alcoholes superiores, acetaldehído, acetato de etilo, etanol, 1-propanol, 1-butanol, 2-butanol, isobutanol, alcoholes amílicos, 1-hexanol, 2- feniletanol, acetato de etilo, lactato de etilo y octanoato de etilo, asimismo algunas sales y metales que participan en el acompañamiento de las bebidas que pueden tener origen del agua utilizada como insumo y minerales del sustrato utilizado, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen de la composición de vodka en productos de diferentes países

PAIS	SUSTANCIAS ENCONTRADAS
Vodka de Canada	Dodécanoato de etilo, tetraecaonato de etilo, hexadecanoato de etilo, oleato de etilo, estearato de etilo, linoleato de etilo.
Vodka de Polonia	Metanol, etanol, propanol,propenol, butanol, isopenatanol, 2-butanol, pentanol, hexanol Isobutanol, Cumarina. Sulfuro de dimetilo, sulfuro de dietilo, disulfuro de dimetilo, trisulfuro de dimetilo. Marcas de conductividad.
vodka de Rusia	Iones de sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, nitrato y sulfato y aniones. Butanol, acetona, croto aldehído. Marcas de conductividad. Sodio,magnesio,aluminio,hierro. Sulfuro de dimetilo, sulfuro de dietilo, disulfuro de dimetilo, trisulfuro de dimetilo.
Vodka de Alemania	Ftalato de dietilo Iones de cloruro, nitrato,sulfato,y aniones.
Vodka de EE.UU	Perfiles de esteres etilicos. Sodio,magnesio,aluminio,hierro,calcio.
Vodka de Finlandia	Sulfuro de dimetilo, sulfuro de dietilo, disulfuro de dimetilo, trisulfuro de dimetilo.
Vodka Brasil	Alcoholes, aldehído, cetonas, esteres, terpenos, compuestos aromáticos Carbamato de etilo Sulfuro de dimetilo Plomo, cobre.
Vodka de Japon	Formaldehído
Vodka Suecia	Marcas de conductividad
Vodka De Francia	Butanol, acetona, croto aldehído

Fuente: Elaboración propia

3.1.8 Panorama de vodkas a nivel mundial.

Conforme a la Tabla 5, basada en la revista mis bebidas espirituosas se encontraron los mejores vodkas a nivel mundial, encontrándose en el primer lugar la marca Absolut Elyx Premium, de origen suizo, siendo uno de los más económicos para su consumo; logrando así, la obtención del premio Oro en el San Francisco World Spirits Competition.

En segundo lugar, se encuentra el vodka francés premium Cîroc Summer Colada, una marca con amplia variedad de vodkas gourmet premiada con doble oro en el San Francisco World Spirits Competition de 2010, nombrado marca de bebidas alcohólicas del año por Market Watch en 2011 y en tercer lugar se encuentra la marca canadiense Crystal Head Aurora, una bebida gourmet de alto costo, galardonada con el premio a la marca más distintiva del año en 2018, ganadora del Oro en el Concurso Internacional de Licores 2019 y doble oro en el San Francisco World Spirits Competition.

Bajo el consenso de la revista The Spirits Business, en la figura 5 se identificó que, durante el año 2022, la marca de vodka con el mayor número de ventas a nivel mundial fue Smirnoff, con un índice superior de 28,001,000 número de ventas, llevándose el primer lugar entre nueve marcas más, incrementando las ganancias y de este modo la producción de la marca.

Tabla 5. Marcas de vodkas más reconocidas del mundo actualmente

LOS SIETE MEJORES VODKAS DEL MUNDO					
PUESTO	MARCA	ORIGEN	SABOR	AROMA	GRADUACIÓN
Nº1	Absolut Elyx Premium	Suiza	Suave y sedoso, con notas a vainilla y notas frutales	Cremoso a vainilla	42,3%
Nº2	Círoc Summer Colada	Francia	Dulce con toques a cítricos	Sandía madura	40%
Nº3	Crystal Head Aurora	Canadá	Avainillado y seco	Aroma a cítricos	40%
Nº4	Círoc Watermelon	Francia	Suave a sandía	Sandía, moras y frambuesas	37,5%
Nº5	Roberto Cavalli	Italia	Dulce-salado, con final picante	Intenso y equilibrado	40%
Nº6	Vodka Belvedere	Polonia	Mezcla entre dulce y salado	Suave, liso y cremoso, con toque a vainilla	40%
Nº7	Finlandia Vodka	Finlandia	Suave y sencillo con toques de pimienta	Ligero y equilibrado a pimienta	40%

Figura 5. Marcas de Vodka con más ventas a nivel mundial en el año 2022



4 Conclusiones

Conforme a la investigación realizada de manera exhaustiva, se obtuvo como resultado una literatura muy limitada en cuanto al tema, debido a las pocas publicaciones realizadas en los últimos dos décadas, siendo este un panorama robusto y con una brecha limitante, pero con posibilidades de ser disociada para su ampliación con nuevas publicaciones pero orientadas a diferentes levaduras pero en producción general de alcohol hacia usos mas comerciales como combustibles, síntesis química o productos farmacéuticos e desinfección, entre otros.

La fermentación alcohólica para la producción de vodka puede ser producida por diferentes sustratos transformando sus azúcares simples y fermentables a través de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* cumpliendo un rol fundamental en el proceso. Independiente del

sustrato, la destilación del alcohol es lo importante para la obtención del vodka, las diferencias marcadas entre un producto y otro sea de diferentes países o fabricantes son las condiciones y parámetros en el proceso general.

Diferentes sustancias químicas que acompañan al alcohol cuyo origen puede ser de los insumos utilizados en el proceso o del sustrato empleado, entre ellas otros alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres, sales y metales son los que hacen la diferencia entre un producto y otros, como se determinó en un estudio con diferentes técnicas de caracterización.

5 Referencias bibliográficas

5.1 Citas y referencias

1. Revista https://issuu.com/RacsSalcedo/docs/dw_ed31_au_combined_pages_low-res/s/16751346
2. Revista <https://snowaters.com/blog/a-history-of-polish-vodka/>
3. Análisis <https://snowaters.com/blog/a-history-of-polish-vodka/>
4. Zinser, E.; Daum, G. (2013). *Isolation and biochemical characterization of organelles from the yeast S. cerevisiae*. *Yeast*. 6: 493-536.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/yea.320110602>
5. Ochoa, J.L.; Vázquez, R. (2004). *Las levaduras marinas como herramientas científicas y biotecnológicas*. Número Especial I, 39-50.
https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/854/1/ochoa_j2004.pdf
6. Bergogne, E. (1995). *Ecologic impact of antibiotherapy. Role of substitution microorganisms in the control of antibiotic-related diarrhea and colitis*. *Presse Méd.* 24: 145-56.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7899347/>
7. Top vodka brands worldwide in (2022) based on sales volumen
<https://es.statista.com/estadisticas/599103/mercado-del-vodka-marcas-lideres-en-el-mundo-en-funcion-del-volumen-de-ventas/>
8. The 7 best vodkas of (2022).
<https://misbebidasespirituosas.com/mejores-vodkas/#:~:text=El%20Smirnoff%20Red%20es%20el,e1%20m%C3%A1s%20vendido%20del%20mercado>
9. The world's biggest-selling vodka brands (2023) <https://www.thespiritsbusiness.com/es/2023/06/the-worlds-biggest-selling-vodka-brands/>

10. Black, K.; and Walker, G. (2023). Yeast Fermentation for Production of Neutral Distilled Spirits. https://www.researchgate.net/publication/370043947_Yeast_Fermentation_for_Production_of_Neutral_Distilled_Spirits.
11. Walker, G.; Brosnan, J.; Bringham, T.; and Jack, F. (2012) Selecting new distilling yeasts for improved fermentation and for sustainability <https://rke.abertay.ac.uk/files/8489128/WalkerDistilledSpirits16.pdf>
12. Tavares, A.G.; Tavares, E.G.; Lembi, J.G.; Ferreira, L.; Cardoso, M. (2016) Vodka production from potato (*Solanum tuberosum* L.) using three *Saccharomyces cerevisiae* isolates <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jib.302>
13. Wiśniewska, P.; Śliwińska, M.; Dymerski, T.; Wardencki, W. ; Namieśnik, J. (2015) The Analysis of Vodka: A Review Paper <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-015-0089-7>