

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS



EMPLEO DE MOLÉCULAS AROMÁTICAS ASOCIADOS A LA PERCEPCIÓN DEL SABOR DULCE, SALADO Y GRASO, EN LA BÚSQUEDA DE ALIMENTOS MÁS SALUDABLES

Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado de Magíster en Alimentos mención Gestión, Calidad e Inocuidad de los Alimentos por:

ELIZABETH JEANNETTE APABLAZA CORTÉS

Directoras de Tesis:

Dra. Marcela Medel

Dra. Cristina Úbeda

Santiago-CHILE

Marzo, 2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS

INFORME DE APROBACIÓN DE TESIS DE MAGÍSTER

Se informa a la Dirección de la Escuela de Graduados de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas que la Tesis de Magíster presentada por la candidata

ELIZABETH JEANNETTE APABLAZA CORTÉS

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluadora de Tesis como requisito para optar al grado de Magíster en Alimentos mención Gestión, Calidad e Inocuidad de los Alimentos, en el examen público rendido el día

Directora de Tesis:

Dra. Marcela Medel

Co directora de Tesis:

Dra. Cristina Úbeda

Comisión Evaluadora de Tesis:

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis tutoras de tesis, la Dra. Marcela Medel y la Dra. Cristina Úbeda por su incondicional apoyo y total disponibilidad para lograr el desarrollo de este escrito. Al Departamento de Agroindustria y Enología y a la Dra. Carmen Sáenz por darme las facilidades de estudiar y trabajar al mismo tiempo. Y gracias a mi pareja que desde un inicio hasta el final siempre me dijo que podía hacerlo incluso cuando pensé que no.

Tabla de contenido

LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBESIDAD.....	4
1.2 ESTADO ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES METABOLICAS ASOCIADAS A LA OBESIDAD EN CHILE	11
2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	17
2.3 METODOLOGÍA	17
3. ESTRATEGIAS EMPLEADAS PARA COMBATIR LA OBESIDAD Y SUS ENFERMEDADES ASOCIADAS.....	19
3.1 ESTRATEGIAS NO TECNOLÓGICAS PARA COMBATIR LAS ENFERMEDADES LIGADAS A LA OBESIDAD.....	19
3.2 ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	30
4. MOLÉCULAS NO VOLÁTILES EMPLEADAS PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE SAL, AZÚCAR Y GRASA.....	34
5. MOLECULAS VOLÁTILES EMPLEADAS PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE AZÚCAR, SAL Y GRASA EN LOS ALIMENTOS	44
5.1 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE AZÚCAR EN ALIMENTOS	46
5.2 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE SAL EN ALIMENTOS	54
5.3 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE MATERIA GRASA EN ALIMENTOS	64
6. CONCLUSIONES.....	71

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
8. ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Representación esquemática de la relación entre la obesidad, los factores fisiopatológicos involucrados y las enfermedades asociadas.....	6
Figura 2 Obesidad infantil y complicaciones en la adultez.....	8
Figura 3 Alteraciones fisiopatológicas en la obesidad no complicada que pueden conducir a la insuficiencia cardíaca. lv: ventrículo izquierdo, rv: ventrículo derecho.. ...	10
Figura 4 Estado nutricional en adultos de Chile 2003 y 2010.....	12
Figura 5 Plan nacional de promoción de salud 1998	22
Figura 6 Beneficiarios del plan nacional de promoción de la salud según grupos de edad, Chile, 1999 – 2005.....	24
Figura 7 Diagrama rotulado sistema de etiquetado chileno según reglamento sanitario de los alimentos..	28
Figura 8 Manjarate receta original. fuente: redes sociales (https://www.facebook.com/soprolemanjarate/)	32
Figura 9 Número de productos alimenticios que contienen cada aditivo alimentario, base de datos open food facts (n = 126 556 productos).	40
Figura 10 Ilustración del gusto y el olfato	44
Figura 11 Calificaciones medias de congruencia para los pares de odorante a citral (olor fresco a cáscara de limón) y odorante a café.....	48
Figura 12 a) calificaciones promedio de dulzura de los participantes para cada condición sensorial b) efectos de mejora del dulzor (en términos de %) debido solo a la banda sonora, solo al aroma o a las condiciones combinadas de la banda sonora y el aroma.	53
Figura 13 Evaluación de un caldo de res con 100% de sal (8 g/l NaCl), con una reducción del 30 % y con la reducción de sodio y agregado de saborizante.....	56

Figura 14 Mejora de la salinidad en un producto reducido en sal al 30 % mediante dosis crecientes (10, 20 y 30 ppb) de sotolón.	56
Figura 15 Valores de intensidad de salinidad de los diez alimentos/ingredientes principales calificados por 410 consumidores según una escala de 0 a 9 puntos.....	58
Figura 16 Extracto tabla n 1 "olores identificados en salsa de soja china por gc-ms/o y gc/o-at"	59
Figura 17 Media de la mejora de la salinidad inducida por el olor (oise) para las muestras con un compuesto aromático.....	60
Figura 18 Calificaciones medias logarítmicas de la intensidad percibida de salado. barra blanca; saborizante entregado solo, barra negra; mezclas de sabor y olor.....	61
Figura 19 Calificaciones medias logarítmicas de la intensidad percibida de "pollo" (izquierda) y "salsa de soya" (derecha).....	62
Figura 20 Porcentaje de acierto en la discriminación. sm = discriminación entre leche descremada y mediana; mf = discriminación entre leche media y grasa; sf = discriminación entre leche descremada y grasa.	65
Figura 21 Intensidad de grasa percibida bajo diferentes modalidades.	66
Figura 22 Mapas de productos (A) y variables (B) basados en las dos primeras dimensiones de un análisis de factores múltiples	68

RESUMEN

La obesidad es un problema a nivel mundial donde Chile no queda atrás presentando un 74% de su población obesidad o sobre peso (OCDE, 2020), la obesidad no solo significa un problema de salud, sino también un gasto para el país. Diferentes estrategias se han utilizado para combatirla, que van desde programas que promueven la vida sana y alimentación saludable, hasta leyes como la 20606 o Ley de Etiquetado Nutricional donde se establecen los límites con implementación progresiva del contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas, para los alimentos. Esta ley llevó a las empresas a buscar nuevas estrategias en la formulación de sus alimentos.

Este trabajo tuvo como objetivo analizar las estrategias tecnológicas y no tecnológicas utilizadas para combatir la obesidad y sus enfermedades metabólicas asociadas, centrándose en las posibilidades que ofrece el uso y adición de odorantes para emular la percepción azucarada, salada y grasa de un alimento con la finalidad de disminuir el consumo de azúcar, sal y grasas.

Se realizó una búsqueda bibliográfica, para evaluar si efectivamente agregar estos compuestos en los alimentos puede generar un aumento del atributo del dulzor, salado y/o graso. La información recopilada sugiere que, es posible generar una mejora del sabor inducida por olores específicos, lo que representa una estrategia potencialmente importante para la reducción del azúcar y la sal en

los alimentos. En el caso de las grasas, la investigación existente hasta el momento no permite afirmar que solo la adición de odorantes podría permitir disminuir la concentración de grasas, debido a las interacciones que existe entre las grasas dentro de la matriz alimentaria.

Palabras claves: azúcar, grasas, obesidad, odorantes, sal.

ABSTRACT

Obesity is a problem worldwide, where Chile is not far behind presenting 74% of its population with obesity or overweight, obesity not only means a health problem, but also an expense for the country. Different strategies have been used to combat it, ranging from programs that promote healthy living and healthy eating, to laws such as 20606 or “Ley de Etiquetado de Alimentos”, where limits are established with progressive implementation of the content of kcal, sodium, total sugars and fats, for food. This law led industry to seek new strategies in the formulation of their food.

The aim of this work was to analyze the technological and non-technological strategies used to fight obesity and associated metabolic diseases, focusing on the possibilities offered by the use and addition of odorants to emulate the sugary, salty and fatty perception of a food with the purpose of reduce the consumption of sugar, salt and fats.

A bibliographic search was carried out to evaluate whether adding these compounds to food can generate an increase in the attribute of sweetness, saltiness and/or fat. The information collected suggests that it is possible to generate flavor enhancement induced by specific odors, which represents a potentially important strategy for the reduction of sugar and salt in foods. In the case of fats, the existing research to date does not allow us to state that only the

addition of odorants could reduce the concentration of fats, due to the interactions that exist between fats within the food matrix.

Keywords: fats, obesity, odorants, salt, sugar.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy, la obesidad es un problema que constituye uno de los mayores desafíos para la salud pública mundial. La Organización Mundial de la Salud declaró la obesidad como una epidemia global, basado en el aumento del peso corporal en prácticamente todos los países. Entre las décadas del 70 y el 2010 el 81% de los países había aumentado el peso corporal; y la prevalencia de la obesidad prácticamente se duplicó entre 1980 y 2008 (Albala, 2017).

En Chile ocurrió una transición nutricional (al igual que en otros países de Latinoamérica), el perfil del país cambió desde una situación caracterizada por personas de talla baja y desnutrición en los 70, a tener en el 2010, el 20,5% de los hombres y el 32% de las mujeres obesas (promedio del 27% de la población adulta obesa) y en el 2017 un 31,2 % promedio de adultos obesos (ENS, 2017), y en niños, un 22,8 % es obeso con un nivel de mayor prevalencia Kinder (JUNAEB, 2020).

Las causas de muerte también han tenido un giro a lo largo de los años, en 1970 el 17 % de las muertes eran por enfermedades cardiovasculares y un porcentaje menor era por cáncer. En el año 2000, los principales problemas de salud fueron los cardiovasculares y hubo un aumento progresivo en el tiempo de las tasas de mortalidad por enfermedades asociadas con la dieta (Vio, 2008).

Frente a las cifras, y en vista de la transición epidemiológica y nutricional, el Estado se ha visto en la obligación de buscar y aplicar estrategias para fomentar un estilo de vida más saludable, enfocados principalmente en la creación de medidas preventivas. A partir de esto se generaron distintos planes nacionales con el fin de promover la Salud (Albala *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2007; (EGO-Chile, 2005; Ley N° 20670, 2013).

Cuando se evaluaron los hábitos alimenticios de los chilenos, vieron que, según la ODEPA, Chile es un gran consumidor de carnes (89,1 kilogramos por habitante al año), productos lácteos (146,5 kg/hab) y huevos: (174 unidades por habitante) pero también se encuentra entre los principales consumidores en el mundo de bebidas gaseosas, con 160 litros/habitante al año, de pan (86 kg/persona al año), azúcar (40 kg/hab de consumo al año), que es el doble de lo que consumen otros países, como Perú, Argentina, Brasil; y de sal (9,8 g al día versus los 5 g que recomienda la Organización mundial de la Salud). Además, se vio que 44% del gasto de las familias al mes se destinaba a bebidas gaseosas, a pan, y a otros hidratos de carbono (Vio, 2017).

Con esta información y bajo el cuestionamiento si era mejor la promoción, prevención o tratamiento de la obesidad, se publica en el 2012, la Ley número 20606 sobre la Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad. Esta ley busca cuidar la salud de niños y niñas, generar entornos alimentarios saludables, disminuir el consumo de alimentos con alto contenido de nutrientes

críticos y “principalmente” disminuir la prevalencia de sobrepeso y obesidad. Esto a través prohibición de la publicidad dirigida a menores de 14 años, la prohibición de venta de alimentos “ALTO EN” en Escuelas y el etiquetado frontal de advertencia en alimentos “ALTO EN”.

La ley contó con 3 etapas, la primera en el 2016, la segunda en el 2018 y la tercera en el 2019. En ésta, se establecen los límites con implementación progresiva del contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas, para los alimentos sólidos y líquidos (Ley N° 20606, 2015).

Como consecuencia de la ley 20606, para poder tener alimentos con menos sellos, las empresas tuvieron que replantearse la reformulación de sus alimentos, en donde ellos mismos admiten que la problemática de alimentación saludable tiene pocos beneficios desde la perspectiva empresarial por el costo que conlleva la reformulación, como el aumento en los costos de la nuevas materias primas, los cambios de los procesos productivos, para poder tener una receta con el mismo objetivo de ofrecer productos igualmente “ricos” (del gusto del consumidor) pero más sanos (Corvalán *et al.*, 2021).

Dentro de las estrategias que se han utilizado para reducir el uso de azúcar, sal y grasas en la fabricación de alimentos para cumplir con la ley se incluyen, sustitución de sacarosa por edulcorantes nutritivos o no nutritivos, adición de rellenos, gomas, potenciadores del sabor, etc. Sin embargo, muchos de estos están en constante cuestionamiento sobre sus efectos secundarios.

Es por esto que surge la constante necesidad de buscar nuevas estrategias que puedan alterar en menor grado la composición de los alimentos pero que a la vez los conviertan en más sanos y con menos sellos. Existen estudios recientes que versan sobre el uso de odorantes capaces de mejorar la percepción del gusto, se ha visto que algunos aromas permiten disminuir el contenido de sal (Lawrence *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2015), y el de azúcar (Lim *et al.*, 2014; Prescott *et al.*, 2004; Wang & Adhikari, 2018) en algunas matrices alimentarias, por lo que la aplicación de odorantes podría ser una buena opción para modificar formulaciones de alimentos.

1.1 OBESIDAD

La obesidad está definida como un proceso patológico complejo caracterizado por una acumulación excesiva de grasa corporal con múltiples consecuencias orgánicas específicas (Bray *et al.*, 2017; Kyle *et al.*, 2016; OECD, 2021). La obesidad representa un factor de riesgo principal para varias enfermedades no transmisibles (ENT) como la diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Atalah, 2012; OECD, 2019; Scapni & Vergara, 2017). Por otra parte, el sobrepeso incluye tanto a la pre-obesidad como a la obesidad, la medida más frecuentemente utilizada es el Índice de Masa Corporal (IMC), que evalúa el peso de los individuos en relación con su altura (OECD, 2021). Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), los adultos mayores

de 18 años con un IMC mayor o igual a 25 son definidos como pre obesos y aquellos con IMC mayor o igual a 30 como obesos (IHME, 2020; OMS, 2021).

El alto consumo de alimentos altos en calorías, grasas *trans* y grasas saturadas, así como el incremento de los estilos de vida sedentarios han contribuido al incremento mundial de las tasas de obesidad, disminuyendo la esperanza de vida y generando altos costos sociales y económicos.

Pese a muchas contradicciones a lo largo de los años, desde el 2013 la Asociación Médica Estadounidense (AMA) tomó la decisión de considerar a la obesidad oficialmente como una enfermedad (Kyle *et al.*, 2016), donde los alimentos son el agente primario causante, particularmente alimentos ricos en energía como grasas o bebidas azucaradas. De esta forma, la obesidad se considera una enfermedad crónica progresiva recurrente, en la medida que no aparece por efecto puntual de un agente cuando los valores de una variable continua (peso, IMC) sobrepasa el valor medio de la población, tal como ocurre con otras enfermedades como la hipertensión o la hipercolesterolemia (Bray *et al.*, 2017).

La obesidad se ha descrito como un factor de riesgo para otras enfermedades, como diabetes mellitus, infartos cardíacos, hipertensión arterial, accidentes y enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, apnea del sueño, osteoartritis, enfermedades neurodegenerativas y estigmatización, todo esto a

través de diferentes factores fisiopatológicos, como se muestra en la Figura 1 (Bray *et al.*, 2017).

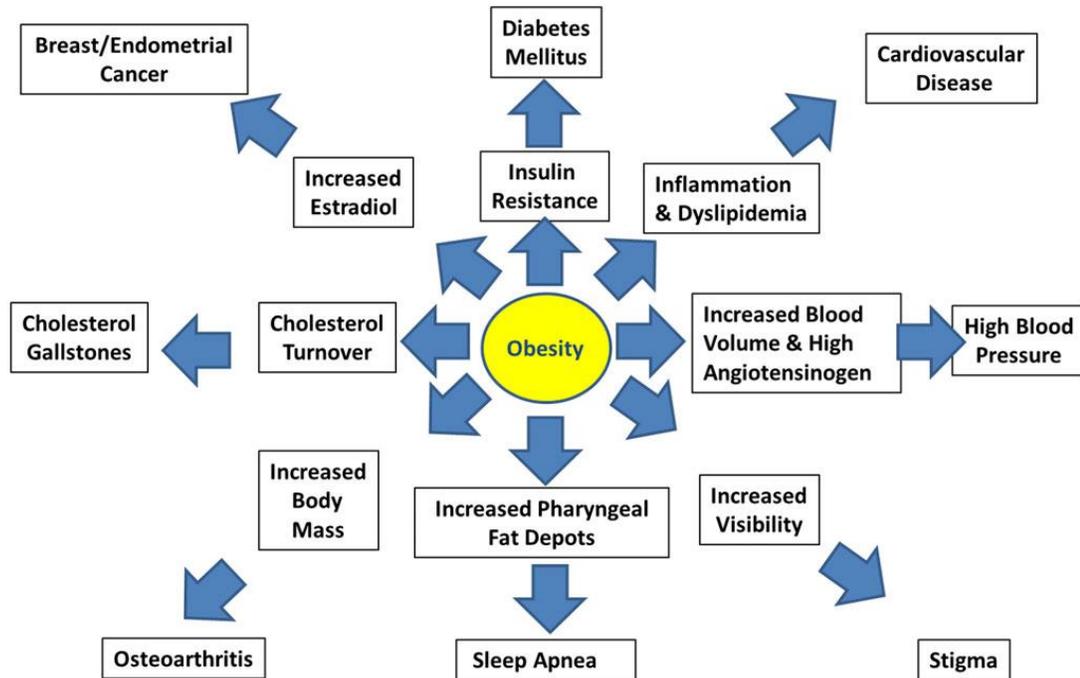


Figura 1 Representación esquemática de la relación entre la obesidad, los factores fisiopatológicos involucrados y las enfermedades asociadas. Fuente: Bray *et al.*, 2017.

Se estima que durante el 2019 los altos valores de IMC de la población causaron 5 millones de muertes alrededor del mundo (IHME, 2020), siendo además un factor de riesgo para, por ejemplo, presentar síntomas severos o morir por COVID-19, durante la reciente pandemia (Katz, 2021), especialmente los pacientes mayores de 65 años de edad (Poly *et al.*, 2021).

Muchos pacientes obesos sufren de problemas y enfermedades respiratorias, como consecuencia del impacto inflamatorio en la función pulmonar. La obesidad

provoca además cambios mecánicos en los pulmones y las paredes del tórax, que causan asma y síntomas parecidos al asma como disnea, silbidos e hiperreactividad de las vías respiratorias (Dixon & Peters, 2018). Por otra parte, se ha encontrado evidencia de que la obesidad en las mujeres tiene efectos negativos en la fertilidad, durante el embarazo para la madre y el feto, así como durante la niñez y la adultez del hijo. Riesgos de padecer disfunción ovulatoria, anomalías de la placenta, abortos espontáneos, mortinatos, preeclampsia durante el embarazo, obesidad, enfermedad coronaria, accidente cardiovascular, diabetes tipo 2, asma, bajo desarrollo cognitivo y desórdenes neurológicos del hijo, se encuentran entre los efectos observados (Broughton & Moley, 2017; Godfrey *et al.*, 2017).

Asimismo, la obesidad infantil aumenta los riesgos de desarrollar síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y sus complicaciones retinales y renales asociadas, enfermedad del hígado graso no alcohólico, apnea obstructiva del sueño, síndrome de ovario poliquístico, infertilidad, asma, complicaciones ortopédicas, enfermedades psiquiátricas y mayores tasas de cáncer (Figura). Estos trastornos pueden comenzar ya en la infancia, y su aparición temprana aumenta la probabilidad de morbilidad y mortalidad tempranas (Kelsey *et al.*, 2014; Kumar & Kelly 2017; Scapini & Vergara, 2017).

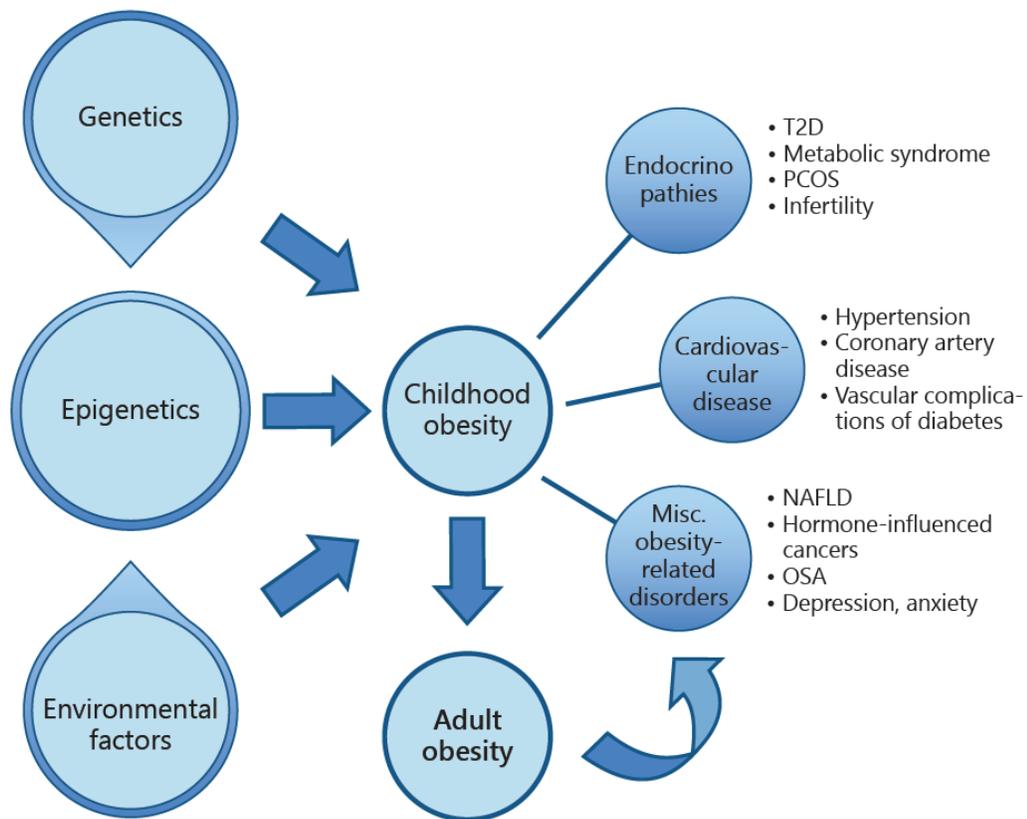


Figura 2 Obesidad infantil y complicaciones en la adultez. Fuente: Kelsey *et al.*, 2014.

La obesidad tiene efectos adversos en la estructura ventricular y la función diastólica y sistólica, así como en la hipertensión y enfermedad coronaria, lo que provoca un aumento en la incidencia y prevalencia de insuficiencia cardíaca en pacientes obesos (Figura 3). Evidencia clínica y epidemiológica ha vinculado la obesidad con enfermedades cardiovasculares (ECV), incluyendo enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca, hipertensión, accidente cerebrovascular, fibrilación auricular y muerte súbita cardíaca. La obesidad puede aumentar la morbilidad y la mortalidad por ECV directa e indirectamente. Los efectos directos

están mediados por las adaptaciones estructurales y funcionales del sistema cardiovascular inducidas por la obesidad para acomodar el exceso de peso corporal, así como por los efectos de las adipocinas en la inflamación y la homeostasis vascular. Los efectos indirectos están mediados por factores de riesgo de ECV coexistentes, como la resistencia a la insulina, la hiperglucemia, la hipertensión y la dislipidemia. Sin embargo, existe una fuerte paradoja en la que los pacientes obesos con insuficiencia cardíaca tienen un mejor pronóstico que las personas más delgadas (Koliaki *et al.*, 2019; Lavie *et al.*, 2013).

Sin embargo, algunas personas con obesidad, llamados obesos sanos, no presentan factores de riesgos de enfermedades asociadas como prediabetes, dislipidemia, o hipertensión, aunque más de la mitad podrían desarrollar estas enfermedades relacionadas con la obesidad durante su vida (Kramer *et al.*, 2013; Tian *et al.*, 2019).

Particularmente y a pesar del incremento del conocimiento sobre la obesidad, el estigma aún es un problema para las personas obesas. En el último tiempo se ha aumentado la atención en medios de comunicación y redes sociales, con la intención de reducir el sesgo hacia las personas obesas (Brewis, 2014; Kyle *et al.*, 2016), debido a que existe la hipótesis de que un entorno generalizado de estigma gordo y discriminación por el peso puede convertirse literalmente en un peso corporal alto perpetuado, contribuyendo significativamente a las tasas de obesidad.

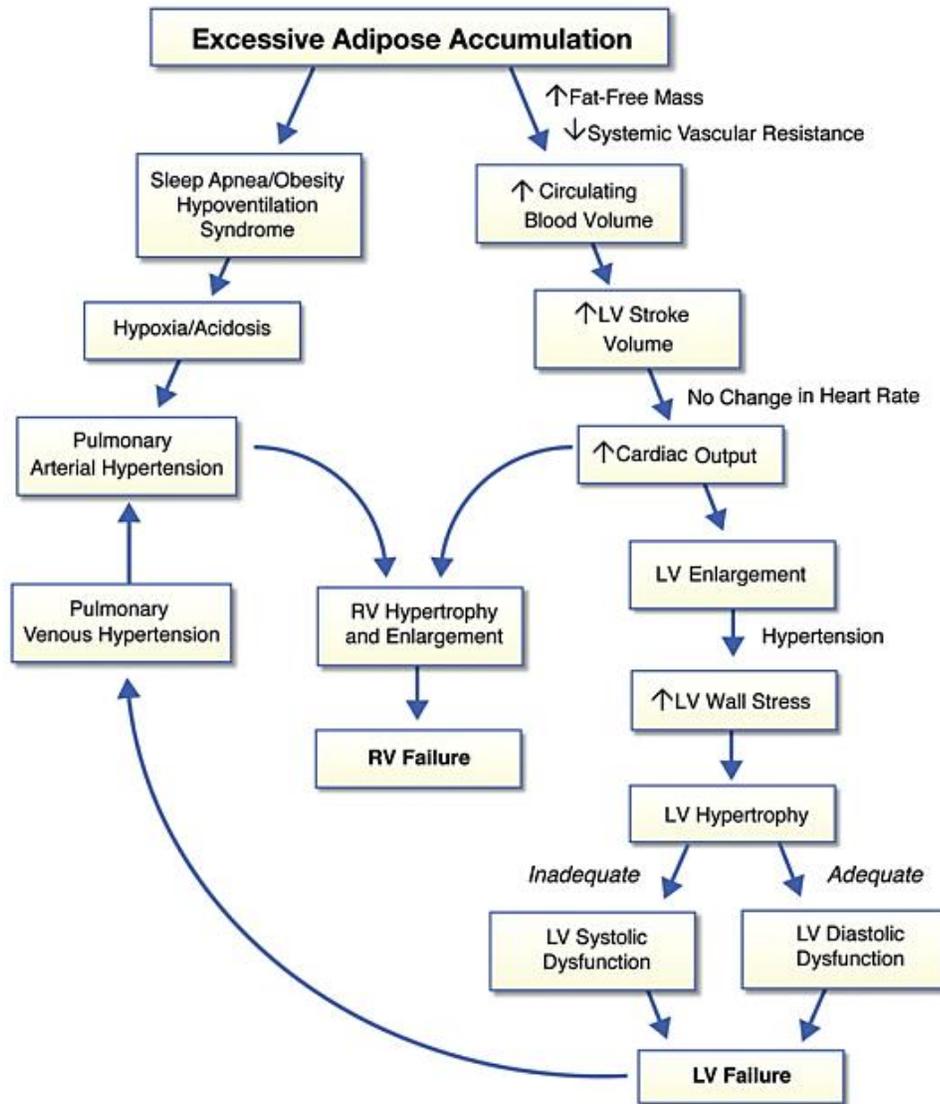


Figura 3 Alteraciones fisiopatológicas en la obesidad no complicada que pueden conducir a la insuficiencia cardíaca. LV: ventrículo izquierdo, RV: ventrículo derecho.

Fuente: Lavie *et al.*, 2013.

1.2 ESTADO ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES METABOLICAS ASOCIADAS A LA OBESIDAD EN CHILE

El problema de la obesidad en Chile ha demostrado ser mucho más que un problema de salud pública, sino además una preocupación económica. En este sentido, se estima que las personas obesas en Chile generan un 67 % más de gastos en atención de salud que las personas con un peso normal (Atalah, 2012; Scapini & Vergara, 2017). En el año 2010 según la Encuesta Nacional de Salud 2009 – 2010 del Ministerio de Salud (MINSAL) el 67 % de la población presentaba algún tipo de exceso de peso (MINSAL, 2010), produciéndose un importante incremento de la obesidad respecto a la misma encuesta de 2003 (Figura 4), con una mayor prevalencia en mujeres, personas de mayor edad y con menor escolaridad. Si se considera el sobrepeso, 2 de cada 3 adultos tenían un peso sobre lo normal, más del 50 % de las embarazadas y los ancianos presentaban algún grado de sobrepeso (Atalah, 2012).

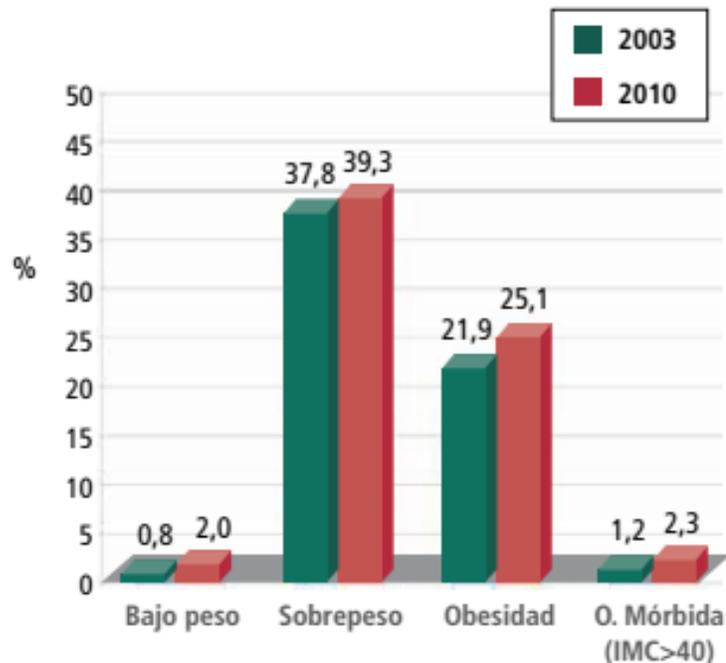


Figura 4 Estado nutricional en adultos de Chile 2003 y 2010. Fuente: Atalah, 2012 con datos de MINSAL, 2010.

Al 2019 el 74,2 % de la población adulta chilena presentaba obesidad o sobrepeso (3,2 % obesidad mórbida), superando a México (73,1 %) y solo por debajo de Estados Unidos (75,2 %), dentro de los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), según el último informe de salud de esta organización (OCDE, 2021).

En niños y adolescentes el IMC promedio y la prevalencia de obesidad ha aumentado en todo el mundo entre 1975 y el 2016, con una tasa de cambio en el IMC, moderadamente correlacionada con la de los adultos (Ezzati *et al.*, 2017). La principal causa de obesidad infantil es un balance positivo energético por una

ingesta excesiva calórica, unida a predisposición genética al aumento de peso. Factores ambientales, cambios en el estilo de vida, composición genética y cambios culturales han contribuido al incremento del sobrepeso y obesidad en niños, lo que a su vez aumenta el riesgo de desarrollo de hipertensión arterial y desordenes metabólicos (Kumar & Kelly, 2017, OCDE, 2021). Recientemente, el confinamiento y el cierre de escuelas por la pandemia del COVID-19 ha interrumpido la vida de niños y adolescentes, alterando sus hábitos de alimentación y niveles de actividad física. Evidencia de países como Estados Unidos y China muestra que los niveles de obesidad en niños y adolescentes han aumentado como consecuencia de la crisis del COVID-19 (OCDE, 2021; Stavridou *et al.*, 2021).

Actualmente, se estima que en todo el mundo hay 158 millones de niños y adolescentes obesos, cifra que aumentará a 254 millones en el año 2030, según el primer Atlas de Obesidad Infantil realizado por la Federación Mundial de Obesidad (World Obesity, 2019). En Chile, en 2016 había un 21,4 % de niños y un 15,8 % las niñas con obesidad (5 – 9 años), mientras que pre y adolescentes (10 – 19 años), existía una obesidad de 15,6 % y 11,5 % en hombres y mujeres respectivamente. Adicionalmente, se estima que para 2030 el número de niños, niñas y adolescentes obesos entre 5 – 19 años alcance los 24,8 %, a pesar de la existencia de políticas públicas para enfrentar la obesidad (Lobstein & Brinsden, 2019). Estos datos han sido corroborados por un estudio realizado por la Junta

Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB), en donde el nivel con mayor prevalencia de obesidad infantil es en niños de 5° básico (Lira, 2019).

Las principales enfermedades no transmisibles asociadas fuertemente con la obesidad son algunas patologías cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, osteoarticulares y algunos tipos de cáncer.

La diabetes es una enfermedad crónica que se genera cuando el páncreas no produce suficiente insulina o cuando el cuerpo no puede utilizar eficazmente la insulina que produce. De los tres tipos principales que existen el tipo 2, que según cifras sería la más frecuente en adultos, está ligada al sobrepeso u obesidad y a malos hábitos alimenticios y de actividad física.

La importancia epidemiológica de la diabetes mellitus no depende solamente de su frecuencia, sino también de la carga de morbilidad y mortalidad asociada, por la cual esta enfermedad es causa principal de insuficiencia renal, ceguera y amputaciones de extremidades inferiores en Chile además de que su manejo consume el 10,2% del presupuesto de Salud (Sapunar, 2016).

Chile se encuentra dentro de los primeros 5 países en prevalencia ajustada por edad de personas con diabetes entre 20 a 79 años con un 10.8%, y entre los cinco países con mayor número de personas con diabetes en el 2021, con 1,7 millones. Se estima que en América Central y Latina hubo 410.000 muertes por diabetes en el 2021 (IDF, 2021).

La Tasa de Mortalidad por Diabetes Mellitus presenta relación estadísticamente significativa con la Cobertura Universal Efectiva de la Diabetes Mellitus tipo 2, la que aumenta a medida que la Cobertura se incrementa (Guerrero *et al.*, 2017).

Las coberturas efectivas de control metabólico de Diabetes Mellitus tipo 2, luego de mejoras sostenidas durante la primera mitad de la última década, desde el 2016 al 2020 han experimentado una baja considerable. Existe un efecto particularmente marcado en el año 2020 en el contexto de la pandemia que amenaza los avances conseguidos durante años (Baeza & Cuadrado, 2021).

La hipertensión arterial es uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, afectando al 27% de la población chilena en el 2010 (Petermann *et al.*, 2017). Las complicaciones de la hipertensión arterial causan anualmente en el mundo 9,4 millones de muertes y es la causa de por lo menos el 45% de las muertes por cardiopatía, y el 51% de las muertes por accidente cerebrovascular. En Chile las Enfermedades Hipertensivas corresponden al 5,6% del total de las causas de muerte en el año 2015 en la población total (MINSAL, 2018). El sobrepeso y la obesidad son posiblemente los factores de riesgo más importantes para el desarrollo de la hipertensión arterial, dado que aumenta en más del 50 % el riesgo de esta última.

La evidencia disponible sugiere una relación directa entre la ingesta de sodio y los valores de presión arterial, y se ha demostrado que el consumo excesivo de sodio produce un aumento significativo de la presión arterial, relacionándolo con

la aparición de hipertensión (Grillo *et al.*, 2019). La OMS sugiere que el consumo de sal de menos de 5 gramos por día para adultos ayuda a reducir la presión arterial y el riesgo de enfermedad cardiovascular, estimando que cada año se podrían evitar 2,5 millones de defunciones si el consumo de sal a nivel mundial se redujera al nivel recomendado (OMS, 2020).

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las posibilidades que ofrece el uso y adición de odorantes para emular la percepción azucarada, salada y grasa de un alimento con la finalidad de disminuir el consumo de azúcar, sal y grasas.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Revisar y comprender las estrategias tecnológicas y no tecnológicas utilizadas para combatir las enfermedades asociadas a la obesidad.
2. Investigar la utilización de odorantes dulces, salados y grasos para disminuir el contenido de azúcar, sal y grasa en los alimentos.

2.3 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos de este estudio, se realizó una revisión bibliográfica utilizando la información de fuentes científicas vía web, a través de bases de datos como ISI - Web of Science, Scopus, Science Direct, Wiley, Nature, Springer, etc. a través de revistas científicas del área como Food Chemistry, Food Quality and Preference, Journal of Food Science, Experimental Brain Research y muchas más. Se accedió a bases de datos públicas del estado de Chile, como el Ministerio de Salud (MINSAL) para obtener datos de encuestas nacionales de salud, de obesidad por parte de la Junta Nacional de Auxilio

Escolar y Becas (JUNAEB). Se revisaron estrategias nacionales para combatir la obesidad como Vida Chile, Estrategia Global contra la Obesidad; EGO-Chile, Sistema Elige Vivir Sano, Ley número 20606 sobre la Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad, etc. Se complementó la información con búsquedas en libros, in extensos de congresos, memorias y/o tesis de investigación nacional o internacional.

Las palabras claves que enfocaron la búsqueda fueron; fat food, odorant compounds, obesity, Odor-Taste, salty food, sweeteners.

3. ESTRATEGIAS EMPLEADAS PARA COMBATIR LA OBESIDAD Y SUS ENFERMEDADES ASOCIADAS

La demora en la toma de conciencia y el retardo en las acciones de política en los países se ha acompañado con el aumento explosivo de las enfermedades no transmisibles (ENT) en el mundo. Las ENT más frecuentes y con mayor importancia en la región de América son la obesidad, las enfermedades cardiovasculares (incluida la hipertensión), el cáncer, la diabetes y las enfermedades respiratorias crónicas (Crovetto & Vio del R, 2009).

3.1 ESTRATEGIAS NO TECNOLÓGICAS PARA COMBATIR LAS ENFERMEDADES LIGADAS A LA OBESIDAD

La globalización en salud, proceso que ha llegado acompañado de grandes riesgos para la salud de la población, también ha brindado oportunidades para su desarrollo. La promoción de la salud es un proceso político colectivo basado en capacidades individuales, pero fuertemente afincado en el control y modificación de los determinantes de salud (Franco-Giraldo, 2012). Mediante la promoción de la salud se crean capacidades para que los individuos y las comunidades ejerzan un mayor control sobre los factores determinantes de su salud, particularmente sobre los de carácter socioeconómico, psicosocial y ambiental (Salinas & Vio, 2002). El fundamento de este concepto es que el bien social se construye con la ciudadanía y todos los sectores de la sociedad y para ello se requiere, entre otras condiciones, voluntad política, visión común de largo

plazo y respaldo financiero (Salinas *et al.*, 2007). La promoción de salud es relativamente nueva en la salud pública internacional. Los primeros documentos son de la década del 80' y solo hasta mediados de los 90' se aprecian cambios en las políticas nacionales de algunos países (Crovetto & Vio, 2009). Uno de ellos fue la Primera Conferencia Mundial de Promoción de Salud en Ottawa en 1986, que propuso acciones del estado, de la comunidad, de los individuos y del sistema de salud (Salinas & Vio, 2002). Otros organismos como la Unión Internacional para la Promoción y Educación en Salud y la Agencia de Salud Pública de Canadá han resaltado la importancia de capacitar a la población para el control de la salud, entendiendo que los principales factores determinantes de la salud son culturales, sociales, económicos, de condiciones de vida y medio ambiente, además de comportamientos sociales y personales, fuertemente influenciados por esas condiciones (Giraldo, 2012).

En los últimos años, frente a las críticas cifras, los países miembros de la OCDE han implementado iniciativas regulatorias y no regulatorias para reducir la prevalencia de sobrepeso en la población. Dentro de estas iniciativas destacan campañas masivas en los medios de comunicación para promover los beneficios de la alimentación saludable, promoción de hábitos y educación nutricionales, incremento de impuestos a alimentos altos en calorías para desalentar su consumo, etiquetado de alimentos más simple para mejorar la comunicación de la información nutricional, y acuerdos con la industria de alimentos para promover

el valor nutricional de los productos (OCDE, 2019). En edades infantiles, las intervenciones en los estilos de vida familiares, incluyendo modificaciones en la dieta y aumento de la actividad física, son los pilares fundamentales del manejo del sobrepeso y la obesidad (Kumar & Kelly, 2017).

Adicionalmente, los tratamientos médicos para la obesidad se han expandido significativamente, con nuevos medicamentos y equipamientos, guías y marcos legales específicos para evaluar nuevos tratamientos, e incremento de la investigación para el cuidado de la obesidad (Kyle *et al.*, 2016). Promover la actividad física y reducir el sedentarismo también contribuye a reducir los problemas de obesidad. Un tercio de los países OCDE han implementado la prescripción de actividad física a través de la medicina primaria (OCDE, 2019). En edades infantiles se recomienda tener en cuenta la gravedad de la obesidad y la presencia de comorbilidades relacionadas para determinar la etapa inicial del tratamiento, ya que las intervenciones en el estilo de vida han demostrado tener un efecto modesto en la pérdida de peso, especialmente en los niños con obesidad severa (Kumar & Kelly, 2017).

En Chile, la situación nutricional en las últimas décadas ha cambiado rápidamente de una alta prevalencia de desnutrición en la década del 70', a su casi erradicación total a finales de los 80'. Sin embargo, al mismo tiempo coexistía la obesidad en adultos, especialmente en mujeres de nivel socioeconómico bajo, típico de períodos de transición, como la década de los 80' en Chile (Crovetto &

Vio del R, 2009; Vio & Salinas, 2006). El crecimiento económico experimentado por Chile en los esos años no solo produjo una mejoría en la situación socioeconómica de la población, también contribuyó a aumentar la frecuencia de problemas propios de países desarrollados como la obesidad, enfermedades no trasmisibles y problemas de salud mental a fines de la década de los 80' (Albala *et al.*, 2004; Atalah, 2012; Rodriguez & Pizarro, 2018; Salinas & Vio, 2002).

En 1998, se creó El Consejo Nacional de Promoción de Salud Vida Chile y se puso en marcha el Plan Nacional de Promoción de la Salud (PNPS), con prioridades precisas siguiendo los lineamientos de la OMS (Figura 5). Estas prioridades establecen que los cuatro grupos de enfermedades que deben ser abordados desde la promoción de salud son las enfermedades cardiovasculares, problemas de salud mental, accidentes y cáncer (Crovetto & Vio, 2009; Salinas & Vio, 2002)

Plan Nacional de Promoción de Salud. Prioridades sanitarias; condicionantes y estrategias.1998			
Prioridades sanitarias	Condicionantes de Salud	Espacios de promoción	Estrategias generales
Cardiovasculares	Alimentación	Establecimientos educacionales	Regulación y Legislación
Salud Mental	Actividad Física	Lugares de Trabajo	Información, comunicación social
Accidentes	Tabaco	Comunas	Formación de Recursos Humanos
Cáncer	Factores Psicosociales		Participación Social
	Factores Ambientales		Reorientación de Servicios de Salud

Figura 5 Plan nacional de promoción de salud 1998. Fuente: Crovetto & Vio del R, 2009.

Se propuso desarrollar una atención primaria de salud y así poder contribuir a enfrentar los desafíos del perfil epidemiológico social en el que se encontraba el país. Además, tenían la función de asesorar a los ministerios para la elaboración de políticas saludables y coordinar un plan de acción estratégico de carácter intersectorial (Salinas *et al.*, 2007). A estos programas se fueron incorporando estrategias de promoción en organizaciones sociales, establecimientos de salud y educación, sector privado empresarial y lugares de trabajo (Albala *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2007; Vio & Salinas, 2006). Vida Chile estableció cinco prioridades para esta década, con metas intersectoriales destinadas a reducir la prevalencia de obesidad, sedentarismo y tabaquismo y aumentar los factores protectores psicosociales y ambientales (Albala *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2007).

Entre las metas que se fijaron para el año 2010 se encontraban la reducción de la prevalencia de obesidad de 10 % a 7 % en niños de 2 – 5 años, de 16 % a 12 % en los escolares de primer año básico y de 32 % a 28 % en las embarazadas. Además, en actividad física se estableció reducir el sedentarismo del 91 % al 84 % de la población (Albala *et al.*, 2004; Crovetto & Vio del R, 2009; Vio & Salinas, 2006). Para alcanzar estos objetivos se desarrollaron documentos técnicos dirigidos a la población en condiciones de salud, entre ellos las Guías Alimentarias para la población chilena y las Guías para una Vida Sana (Crovetto & Vio del R, 2009). Se realizaron campañas de comunicación social durante un mes cada año para promover hábitos sanos de vida en la población general y en

escolares (alimentación saludable, vida activa y ambiente libre del humo de tabaco), utilizando medios locales de comunicación (afiches, volantes, gigantografías y cuñas radiales) según las guías técnicas elaboradas (Salinas *et al.*, 2007).

Una evaluación preliminar de la aplicación de la estrategia del PNPS (Plan Nacional de Promoción de la Salud) realizada por Salinas *et al.* (2007), arrojó en términos generales importantes incrementos en la cobertura y el número de actividades durante esta etapa, alcanzado el 98 % de los municipios del país a 2006. Asimismo, se observó un incremento en el número de beneficiarios de los planes de promoción en todos los grupos de edad y un aumento en la participación de la población escolar y adulta (Figura 6).

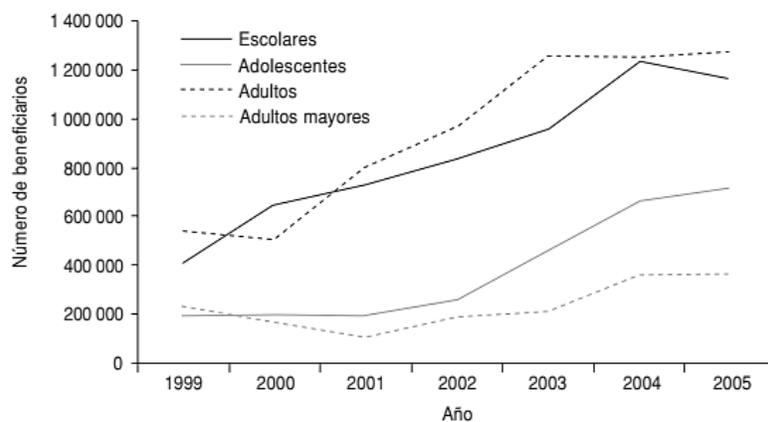


Figura 6 Beneficiarios del Plan Nacional de Promoción de la Salud según grupos de edad, Chile, 1999 – 2005. Fuente: Salinas *et al.*, 2007.

Sin embargo, se identificaron factores obstaculizadores que reducían las posibilidades de generar un impacto mayor, como son la falta de recursos humanos, los problemas de acceso físico a los lugares donde se realizaban las actividades, el desinterés de otros sectores y la falta de recursos económicos (Salinas *et al.*, 2007).

Finalmente, hasta 2007 no se había logrado iniciar el descenso de la prevalencia de la obesidad en el país. Solo se había logrado la mantención de la obesidad en niños que se atienden en el sector público de salud (Crovetto & Vio del R, 2009). En general la población había adquirido conocimiento acerca de la composición de una dieta saludable y los beneficios de la actividad física; sin embargo, se mantuvieron los malos hábitos alimentarios y el consumo de alimentos con alto contenido de azúcar, grasas y sal, así como el sedentarismo (Vio & Salinas, 2006). La falta de impacto de las acciones realizadas puede deberse a la falta de adecuaciones y capacidades técnicas para enfrentar la realidad epidemiológica con políticas que privilegien la mantención de la salud, el desconocimiento del impacto de los cambios conductuales en los condicionantes de la salud y la falta de coordinación de las políticas en promoción de salud (Crovetto & Vio del R, 2009; Salinas *et al.*, 2007). Serían necesarias intervenciones educativas adecuadas a la realidad de cada comunidad, que considere las influencias ambientales, factores de comportamiento y características personales que permitan favorecer hábitos de vida saludable (Lobos *et al.*, 2013).

En el 2013 se crea la campaña “Elige Vivir Sano” con el objeto de promover hábitos y estilos de vida saludables para mejorar la calidad de vida y el bienestar de las personas, fomentando la alimentación saludable y la actividad física (Gobierno de Chile, 2013; Pincheira, 2014). Este programa pretende combatir el sedentarismo y los riesgos de aparición de ENT en la población a través de la inclusión del deporte y la actividad física en la actividad cotidiana, lo que le otorga un sentido funcionalista respecto a la promoción del deporte y el cuidado de la salud (Soto, 2016).

La JUNEb, por su parte, a través de su programa de salud escolar implementó actividades de promoción de salud a través de sus tres componentes: actividad física, alimentación saludable y salud bucal, en coordinación con las redes locales de salud (Salinas *et al*, 2013). El Programa de Alimentación Escolar (PAE) de la JUNAEB ha realizado sumos esfuerzos para adecuar los alimentos que entregan en los colegios, respecto a la transición epidemiológica, con la modificación de las dietas hacia la realidad del incremento en la obesidad infantil, especialmente en los niños más vulnerables, que han tenido un mayor incremento en su peso (Vio *et al.*, 2011).

No resulta suficiente con educar en el autocuidado ni con el tratamiento de la obesidad y sus complicaciones, es necesario entregar un ambiente político, económico, social y cultural que permita la toma de decisiones más saludables, a través de información clara y sencilla sobre la composición de los alimentos

(etiquetado), regulación de publicidad y venta en espacios escolares, aumento de la oferta y acceso a productos saludables (Rodríguez & Pizarro, 2018).

En el 2012 se publicó la ley sobre Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad. Esta ley proponía entregar información más clara y comprensible al consumidor sobre el contenido de nutrientes críticos de los alimentos, con el fin de orientarlos en su elección de compra y consumo, así como regular la publicidad y venta de estos alimentos cuando están destinados a los menores de 14 años (Rodríguez & Pizarro, 2018; Salinas *et al.*, 2013; Scapini & Vergara, 2017).

La ley que entró en vigor en el año 2016 como Ley de Etiquetado de Alimentos (MINSAL, 2019), busca indicar el exceso de nutrientes críticos en aquellos alimentos que excedan los límites para el contenido de azúcar, sodio, grasas saturadas y calorías de acuerdo con el Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2019). Los productos que los excedan deben llevar un octágono negro con letras blancas, que advierte que el alimento es “ALTO EN” el nutriente que corresponda (Figura 7), con excepción de los alimentos a los que no se les haya añadido azúcares, sodio o grasa saturada como cereales con sus derivados en harinas o almidones, extruidos, molidos, triturados, hidrolizados, fideos y productos afines y leguminosas. Además, considera la regulación de la publicidad dirigida a menores de 14 años, la prohibición de venta de alimentos con sellos

“Alto en” en escuelas, y el etiquetado frontal de advertencia en alimentos “Alto en” (MINSAL, 2019; Scapini & Vergara, 2017).



Figura 7 Diagrama rotulado sistema de etiquetado chileno según Reglamento Sanitario de los Alimentos. Fuente: MINSAL, 2019.

Desde 2016 y de manera progresiva todos los alimentos sólidos que posean más de 275 kcal/ 100 g, 400 mg/ 100 g de sodio, 10 g/ 100 g de azúcares totales o 4 g/ 100 g de grasas saturadas llevarán sellos de “ALTO EN”. En el caso de los alimentos líquidos los valores disminuyen a 70 kcal/ 100 ml para la energía, 100 mg/ 100 ml para el sodio, 5 g/ 100 ml de azúcares totales y 3 g/ 100 ml para las grasas saturadas (MINSAL, 2019).

Una evaluación realizada a la ley de etiquetado de alimentos mostró una relación entre la entrada en vigor con una disminución en el promedio de las unidades vendidas para la mayor parte de los productos de las muestras, generándose una variación significativa en las ventas según el número de sellos presente en cada

producto. Los autores concluyeron que la ley había sido efectiva para generar cambios en las conductas del consumidor en un corto plazo (Scapini & Vergara, 2017). La población apoya ampliamente y comprende fácilmente las medidas implementadas y un porcentaje relevante toma en consideración la presencia de los sellos de advertencia para decidir la compra de alimentos, prefiriendo aquellos con menos sellos o sin sellos (Rodríguez & Pizarro, 2018). A un poco más de 5 años de la implementación de la Ley de etiquetado, las principales conclusiones del estudio son que: los consumidores están escogiendo productos más sanos, pues la demanda por aquellos altos en azúcar disminuyó un 9% y un 7% los altos en calorías y las empresas han reformulado un 30% de sus productos (Seminario Centro UC, 2021).

Chile ha sido pionero en el desarrollo de los sellos de advertencia, esta ley ha sido destacada por varias organizaciones internacionales. Países como Perú, Uruguay, Israel ya han aprobado regulaciones similares. Y otros, como Brasil, Argentina y Colombia están en fases avanzadas en las discusiones de implementación (Rodríguez & Pizarro, 2018; Decreto Supremo, Ministerio de Salud Perú, 2017; Ministerio de Salud Uruguay, 2017).

Las regulaciones en materia de etiquetado implantadas en otros países son muy variadas, considerando desde la obligatoriedad o voluntariedad, hasta los formatos. Ecuador advierte tres niveles de nutrientes alto, medio y bajo en azúcares, sodio y grasas, con los colores del semáforo. México, por otro lado,

emplea 6 íconos basados en las porciones diarias (Cobo, 2017). En Reino Unido se emplea voluntariamente un semáforo en el envase con descriptores nutricionales como azúcares y grasas. Otros países de Europa usan un cerrojo y otros un símbolo en forma de corazón (Capacci *et al.*, 2012).

3.2 ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

La industria se ha visto afectada y a la vez desafiada con los cambios en la ley de etiquetado, lo que ha implicado cambiar recetas e incluir nuevas tecnologías, generando inversiones monetarias que no siempre han tenido un resultado favorable.

Para que un nuevo producto llegue a ser comercializado debe pasar varias etapas. En empresas de diferentes rubros como en la de alimentos, existe el área de Desarrollo o I+D (Innovación y Desarrollo), donde además de encontrar expertos en alimentos y/o científicos, también cuentan con desarrolladores de producto, diseñadores, nutricionistas, representantes de servicios al consumidor y especialistas en asuntos regulatorios. Todos estos profesionales en busca de cumplir con la seguridad y calidad, nutrición, salud, sabor, textura y conveniencia.

En primer lugar, el foco siempre será el cliente y a partir de eso se debe generar una idea que proponer, para satisfacer la necesidad o cumplir con un requerimiento, en este caso las exigencias de la ley 20606. Después del estudio

de la idea y el desarrollo del producto, se permite hacer una prueba piloto, seguido de un análisis de factibilidad económica que debe ser aprobada por la gerencia. Tras ser aprobada, se realiza un estudio de vida útil, una prueba industrial de un lote para luego llegar a la prueba industrial continua (E.G. Arcor, comunicación personal, 10 de enero de 2022).

Desde el punto de vista de la industria, además del análisis proximal del producto es muy importante la calidad y aceptación sensorial de este.

Un ejemplo para lo anterior es la popular “crema años dorados”, que es un producto en polvo para preparar una sopa crema con base en cereales y leguminosas, baja en sodio, libre de colesterol y fortificada con vitaminas y minerales (MINSAL, 2009), creada para colaborar en la demanda nutritiva de los adultos mayores, que inicialmente demostró buena aceptabilidad por parte de los beneficiarios, pero después de un tiempo su consumo disminuyó, que aún tiene un bajo consumo requiriendo modificaciones en el tiempo con el fin de mejorar tal aceptación (Masi & Atalah, 2008).

Otro caso fue de la empresa Soprole con el producto “Manjarate”, este fue modificado de forma de disminuir los sellos de advertencia, sin embargo, los resultados obtenidos no fueron los esperados, generándose una serie de comentarios y reclamos por parte de los consumidores. Esto llevó a que en septiembre del 2019 a través de sus redes sociales Soprole publicara que Manjarate volvía a su receta “original” (Figura 8). (Chávez, El Mercurio, 2019)



Figura 8 Manjarate receta original. Fuente: Redes Sociales (<https://www.facebook.com/SoproleManjarate/>).

La industria mediante diferentes tecnologías ha modificado y reformulado sus productos alimentarios para poner a disposición del consumidor productos más saludables.

En este sentido existen varias estrategias, entre las que se encuentran los agentes de relleno, que son aditivos que ayudan a aumentar el peso de un alimento sin contribuir significativamente a su valor energético disponible. Según la GSFA (Codex General Standard for Food Additives), indica 25 aditivos con la clase funcional "Incrementadores de volumen" (GSFA, 2019)

El mercado de estos productos ha crecido, impulsado por la creciente demanda de alimentos procesados y el crecimiento de los suplementos alimenticios. Según su origen, los agentes de relleno se clasifican en naturales y artificiales o de origen químico. Una tendencia emergente que tiene un impacto directo en la dinámica de los agentes de volumen para la industria alimentaria incluye un cambio hacia los rellenos alimentarios naturales.

La adición de carbohidratos ha sido la estrategia dominante utilizada para conservar las propiedades sensoriales y reducir el contenido de grasa. Comúnmente se han utilizado almidones, por ejemplo, en la industria cárnica para retener la humedad actuando como agentes de carga a través de la formación de hidrogeles y con eso reducir el contenido calórico de las carnes a través de la reducción de grasa (Gravelle *et al.*, 2017). El problema del uso de carbohidratos es que algunas veces no necesariamente varían el contenido calórico de los productos, pero si hace que las personas consuman muchos más carbohidratos en la dieta (NPR, 2014).

Los agentes de volumen en los alimentos también se utilizan cuando se sustituye la sacarosa por ejemplo con edulcorantes no calóricos, debido a que es necesario reemplazar el volumen de esta. Un ejemplo de agente de relleno es la povidexrosa, que también se usa como estabilizador y espesante, está compuesto del 90% de fibra soluble y un valor energético es de tan solo 1 kcal/g (Nath *et al.*, 2016). La povidexrosa es un polisacárido de glucosa de bajo peso molecular unido al azar. Está presente todos los enlaces glucosídicos posibles, predominando el 1,6. Tiene un grado de polimerización promedio de 12 y un peso molecular promedio de 2000. La povidexrosa se desarrolló originalmente como un agente de carga, pero también ganó popularidad como fuente de fibra dietética en muchos países del mundo (O'Connor T. & O'Brien N. 2022; Chavan *et al.*, 2016).

4. MOLÉCULAS NO VOLATILES EMPLEADAS PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE SAL, AZÚCAR Y GRASA

Como se mencionó en el apartado anterior, la ley de etiquetado busca indicar el exceso de nutrientes críticos en aquellos alimentos que excedan los límites para el contenido de azúcar, sodio, grasas saturadas y calorías de acuerdo con el Reglamento Sanitario de los Alimentos. Para lograr este propósito la industria ha realizado distintas maniobras (Corvalán *et al.*, 2021).

Entre las estrategias para reducir el uso de azúcar en la fabricación de alimentos se incluye la sustitución de la sacarosa por edulcorantes no nutritivos y el uso de tecnologías de procesamiento innovadoras como por ejemplo la aireación, que aumenta el dulzor percibido (Su *et al.*, 2021). Un edulcorante, hace referencia a aquel aditivo alimentario que es capaz de mimetizar el efecto dulce del azúcar y que, habitualmente, aporta menos energía (García-Almeida *et al.*, 2013). Desde el punto químico es un compuesto capaz de producir un sabor dulce en la boca dada su estereoquímica y facilidad para formar puentes de hidrógeno, así como la hidrofobicidad de sus moléculas para provocar un estímulo entre este y el sitio receptor de la boca (Valdés & Ruiz, 2009).

Los edulcorantes se pueden clasificar atendiendo a/en función de:

Su origen: naturales y artificiales.

Su estructura: carbohidratos, alcoholes polihídricos, glucósidos, proteínas y otros.

Su valor nutritivo: nutritivos y no nutritivos.

Su valor calórico: dietéticos, no dietéticos.

La clasificación según valor calórico, dentro del grupo de edulcorantes calóricos están:

Edulcorantes naturales: azúcares; como la sacarosa, glucosa, dextrosa, fructosa, lactosa, maltosa, galactosa y trehalosa, tagatosa y edulcorantes naturales calóricos; como la miel, jarabe de arce, azúcar de palma o de coco y jarabe de sorgo.

Edulcorantes artificiales: azúcares modificados; jarabe de maíz de alto fructosa, caramelo, azúcar invertido y alcoholes del azúcar; sorbitol, xilitol, manitol, eritritol maltitol, isomaltulosa, lactitol, glicerol.

Y en el grupo de edulcorantes no calóricos:

Edulcorantes naturales: Stevia, taumatina, pentadina, monelina, brazzeína, Luo Han Guo

Edulcorantes artificiales: Aspartamo, sucralosa, sacarina, neotamo, acesulfame K, ciclamato, neohesperidina DC, alitamo, advantamo.

Los edulcorantes bajos en calorías tienen un dulzor relativo mayor que el del azúcar, permitiendo ser usados en menores cantidades (Tomaska & Brook, 2014), lo que trae en consecuencia que proporcionan menos volumen a los alimentos donde se incluyen (Yebra, 2005) teniendo que buscar otras estrategias para dar más cuerpo a los productos.

El uso de edulcorantes en Chile está regulado por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA). Los edulcorantes se controlan con la ingesta diaria admisible (IDA) que es la cantidad máxima que se puede consumir diariamente por kilo de peso corporal sin que represente un riesgo para la salud del consumidor. Dentro de los valores a considerar encontramos el del acesulfamo-K, que tiene un poder endulzante entre 150 a 200 veces más que la sacarosa y tiene un IDA de 0 – 15 mg/kg de peso corporal, el Aspartamo que endulza hasta 200 veces más, tiene un IDA de 0 – 40 mg/kg de peso corporal, la sucralosa que endulza hasta 600 veces más, posee un IDA de 0 – 15 mg/kg de peso corporal y los glicósidos de esteviol o más conocido como Estevia la cual tiene un poder endulzante de hasta 300 veces más que la sacarosa tiene un IDA de 0 – 4 mg/kg de peso corporal (RSA, 2019).

Sin embargo, en 2016, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) incluyó por primera vez a los edulcorantes en el listado de nutrientes críticos, que son aquellos productos alimentarios sobre los cuales se recomienda mantener especial vigilancia, como el sodio, el azúcar y las grasas saturadas.

Algunos edulcorantes a pesar de estar aprobados por la FDA han estado prohibidos en algunos países o para algún tipo de personas. Por ejemplo, el aspartamo está rigurosamente contraindicado en pacientes con fenilcetonuria, esto porque al ser ingerido se metaboliza en el tracto intestinal, por acción de esterases y peptidasas, en fenilalanina, ácido aspártico y metanol y las personas con fenilcetonuria carecen de la enzima fenilalanina hidroxilasa, lo que impide descomponer apropiadamente la fenilalanina. Consecuentemente, este aminoácido se acumula y resulta tóxico para el sistema nervioso central, ocasionando daño cerebral (Villegas & Flores, 2014). La EFSA (European Food Safety Authority) en el 2013, publicó su primera evaluación completa del riesgo del aspartamo, en donde concluyeron que dicho edulcorante y sus productos de degradación son seguros para la población general (EFSA, 2013). En el 2015, PepsiCo decidió eliminar el aspartamo de su bebida “diet Pepsi” justificando de que el aspartamo era la razón número uno por la que los consumidores estaban abandonando las gaseosas dietéticas, decisión que solo duró un año debido a la baja en las ventas del producto sin el edulcorante.

En el caso del ciclamato de sodio, este fue suspendido en los Estados Unidos en 1970, por un estudio realizado en ratas que concluyó ser un riesgo como causante de cáncer, hasta hoy se encuentra prohibido su uso pese a que en 1984 el Comité de Evaluación de Cáncer de la FDA concluyó que el ciclamato no era cancerígeno. (Torres, 2020).

La sacarina también fue objeto de numerosos estudios durante muchos años, estando prohibida en Canadá desde 1977 hasta 2014, cuando se levantó su prohibición y en Estados Unidos también se dejó de considerar seguro en 1977 hasta el año 2000 cuando se volvió a permitir su consumo.

Por otro lado, para apoyar el desarrollo de nuevas estrategias de reducción de sodio, se debe evaluar la capacidad de los componentes de los alimentos para interactuar con los iones de sodio, hay que tener en cuenta que, si bien no es lo único, la adición o reducción de sal puede influir en la liberación temporal de los compuestos volátiles presentes.

Una estrategia ampliamente utilizada por la industria alimentaria es usar sustitutos de la sal, reemplazando de forma parcial o completa el cloruro de sodio por cloruro de potasio, cloruro de magnesio entre otras sales. El cloruro de potasio no da la misma percepción de salinidad que el cloruro de sodio, por lo que se necesita de un 33 % más del primero en solución acuosa para lograrlo (Feltrin, *et al.*, 2015).

El cloruro de potasio proporciona una de las sustituciones más directas debido a la similitud en la composición molecular, pero su uso puede verse limitado debido a los atributos sensoriales negativos como por ejemplo su sabor amargo. Si la modificación es igual o mayor al 50% se ven reducidos los atributos sensoriales y la aceptación en general (Horita *et al.*, 2014; Dzendolet & Meiselman, 1967).

En galletas tipo cracker se vieron resultados positivos, reemplazando el NaCl por KCl a la galleta en un 78% sin reducir la aceptación y en un 100% sin producir rechazo (Almeida *et al.*, 2021).

En salchichas, el MgCl₂ al 15% de reemplazo de NaCl afectó fuertemente la textura y la masticabilidad. Salchichas formuladas con una mezcla de todas las sales de cloruro (reemplazando 70% NaCl: 5% CaCl₂, 15% MgCl₂ y 50% KCl) no fueron aceptables para las propiedades sensoriales en refrigeración lo que empeoró a las tres semanas de almacenamiento (Horita *et al.*, 2014).

Desde el punto de vista de la actividad antimicrobiana, las sales de sodio son más inhibitorias que las de potasio (Cabezas *et al.*, 2018), pero en algunas bacterias cuando se calcula sobre una base molar 1:1 tiene un efecto antimicrobiano equivalente (Bidlas & Lambert 2008; Stanley *et al.*, 2017).

Otra forma de intentar bajar la concentración de sal es utilizando potenciadores del sabor, que son sustancias que no tienen un sabor específico por sí mismos pero que potencian el sabor salado cuando son empleados con NaCl (Beltrán, 2013). Los potenciadores del sabor funcionan activando los receptores en la boca y la garganta provocando particularmente el receptor del gusto "umami", mejorando el equilibrio y la percepción del sabor en los alimentos (Brandsma, 2006).

El potenciador más conocido y utilizado en la industria alimentaria es el glutamato monosódico (GMS) (Wang & Adhikari, 2018) que se encuentra dentro de los 50 aditivos alimentarios más utilizados (Figura 9) (Chazelas *et al.*, 2020).

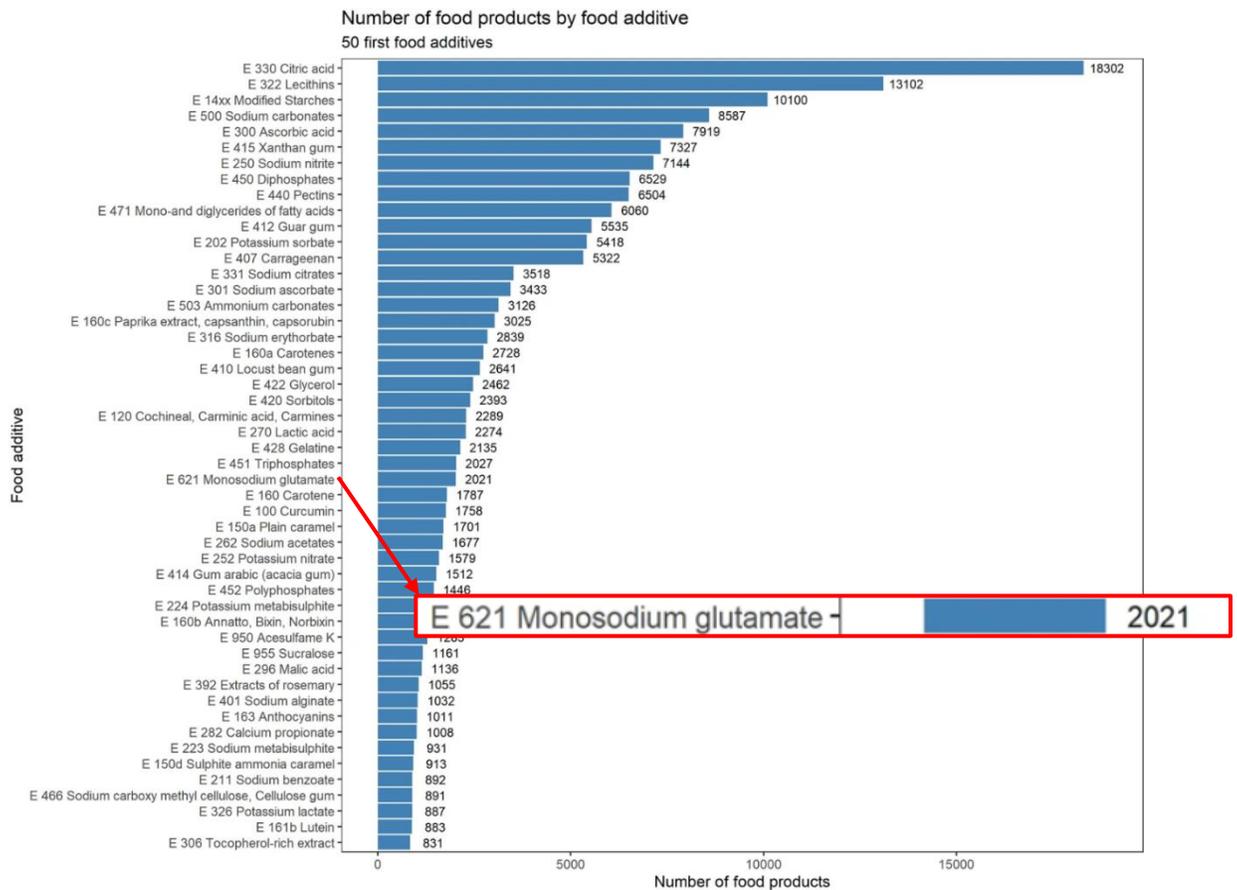


Figura 9 Número de productos alimenticios que contienen cada aditivo alimentario, base de datos Open Food Facts (n = 126 556 productos). Fuente: Chazelas *et al.*, 2020.

El GMS es la sal de sodio del aminoácido ácido glutámico y componente principal de muchas proteínas y péptidos que están presente en la mayoría de los tejidos, se caracteriza por aumenta la palatabilidad de los alimentos utilizando

concentraciones apropiadas (Halpern, 2000) y se elabora comercialmente mediante la fermentación de la melaza, pero existe en muchos productos elaborados a partir de proteínas fermentadas, como la salsa de soja y la proteína vegetal hidrolizada (Bera *et al.*, 2017). El metabolismo del glutamato natural ocurre en el intestino por exopeptidasa durante la hidrólisis de proteínas en humanos. El GMS aunque está clasificado como sustancia segura y se permite usar como acentuante o potenciador del sabor (RSA, 2019) se ha visto que, en conjunto con fuentes de ácidos grasos *trans*, los ácidos grasos saturados parcialmente hidrogenados o hidrogenados tienen efectos adversos para la salud, ejercen efectos nocivos al modular diferentes cascadas de señalización para causar dislipidemia y estrés oxidativo (Banerjee *et al.*, 2021).

Un estudio realizado en China, uno de los países donde más se consume el glutamato monosódico, vieron que en población masculina existía una asociación positiva entre la ingesta de GMS y el cambio de hemoglobina (Hb) tras 5 años de seguimiento, observaron que los participantes masculinos que tenían anemia al inicio del estudio, tuvieron una relación inversa significativa entre la ingesta de glutamato monosódico y el riesgo de anemia en el seguimiento, independientemente de los patrones dietéticos y los factores del estilo de vida. (Shi *et al.*, 2012).

La resistencia a la insulina y la reducción de la tolerancia a la glucosa en animales debido al consumo de GMS plantean preocupaciones sobre el desarrollo de

obesidad en humanos que consumen GMS. A la vez, en humanos la ingesta de GMS provoca una alteración del equilibrio energético al aumentar la palatabilidad de los alimentos y alterar la cascada de señalización del hipotálamo mediada por la leptina, asociándose de forma positiva su consumo con el desarrollo de sobrepeso (Araujo *et al.*, 2017; He *et al.*, 2011; Niaz *et al.*, 2018).

Las diferentes estrategias tecnológicas, incluyendo la adición de diferentes tipos de aditivos en este último tiempo, ha generado por ejemplo una disminución del consumo de edulcorantes calóricos, sin embargo, la obesidad entre niños y adultos aumentó en el mismo período (Sylvetsky *et al.*, 2019). Esto ha llevado a la búsqueda de otras opciones para mejorar la calidad de alimentación en las personas y prevenir la obesidad.

Existen estudios recientes que versan sobre el uso de odorantes capaces de mejorar la percepción del gusto, siendo capaces de modificar el umbral de diferenciación. Considerando, que el umbral de diferenciación es la magnitud del cambio en el estímulo necesario para producir una diferencia apreciable y que se determina generalmente mediante la presentación de un estímulo estándar que luego se compara con un estímulo variable (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales; ASTM, 2020), la aplicación de odorantes podría ser una buena opción para modificar formulaciones de alimentos.

Para disminuir el contenido de materia grasa una estrategia fue hacer una reformulación, donde se reemplazó esta grasa con otro ingrediente, y muchas

veces fue por carbohidratos, que, pese a que muchas veces no variaron el contenido calórico de los productos, las personas comenzaron a consumir muchísimo más carbohidratos en la dieta (NPR, 2014). Otra estrategia para compensar la reducción del contenido graso se basa en sustituciones con sustancias sintéticas cuya estructura es cercana a los triglicéridos, como los poliésteres de azúcar o los poligliceroles (Karimi *et al.*, 2015; Solowiej *et al.*, 2015).

5. MOLECULAS VOLATILES EMPLEADAS PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE AZÚCAR, SAL Y GRASA EN LOS ALIMENTOS

Algunas sustancias químicas como por ejemplo los saborizantes, son detectados por las papilas gustativas, que tienen células sensoriales que cuando son estimuladas, estas células envían señales a áreas específicas del cerebro, lo que nos hace conscientes de la percepción del gusto. De manera similar, las células especializadas en la nariz captan las moléculas de olor. Los olores estimulan las proteínas receptoras que se encuentran en los cilios y se inicia un proceso que genera una respuesta neural (Figura 10). Los mensajes sobre el gusto y el olfato convergen, lo que permite detectar los sabores de los alimentos (Renee & Knaapila, 2010).

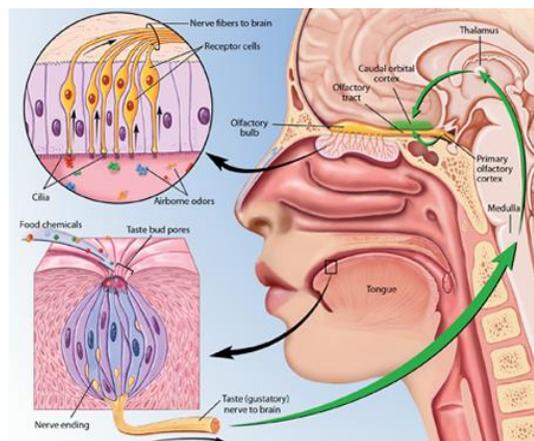


Figura 10 Ilustración del gusto y el olfato (Ilustración de Lydia V. Kibiuk, Baltimore, MD; Devon Stuart, Harrisburg, Pensilvania)

Así, la atribución de cualidades gustativas a los olores está dada por la naturaleza de las interacciones que tienen lugar entre los sentidos del olfato y el gusto (Laing *et al.*, 2002). En experimentos cuando se pide a los participantes que evalúen las cualidades perceptivas de un conjunto de olores, suelen utilizar términos que se derivan originalmente del sistema sensorial gustativo, como "dulce, salado, ácido" (Stevenson & Boakes, 2004), incluso aunque el sistema olfativo en sí mismo no contiene receptores sensibles a tales sabores (Burdach *et al.*, 1984; Auvray & Spence, 2008). Además, se ha visto que la exposición al olor de los alimentos podría aumentar el apetito por productos similares en sabor y densidad calórica (Hernández *et al.*, 2018). Bajo este tipo de estudios y conclusiones se introdujo el término "OITE" (odour-induced taste enhancement por sus siglas en inglés) que significa mejora del gusto inducida por el olor, fenómeno que se deriva de la integración del gusto y el olor en la percepción del sabor (Sinding *et al.*, 2021). Este término se utilizará en el texto en adelante.

Desde el punto de vista de odorantes, hasta el momento, se han identificado más de 10000 volátiles en los alimentos, pero solo cerca de 230 de estos aparecen en concentraciones por encima de sus umbrales de olor y dan forma significativa a su aroma (Geithe, C. & Krautwurst, D., 2016). Se ha destacado el hecho de que un número relativamente pequeño (3 a 40 odorantes clave genuinos para cada alimento) de lo que denominan olores clave de los alimentos (KFO) en realidad

brindan la mayor parte del aroma/sabor de la mayoría de los alimentos (Dunkel, *et al.* 2014).

5.1 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE AZÚCAR EN ALIMENTOS

En 1988, Frank y Byram mediante una serie de experimentos concluyeron que la influencia de un olor en el gusto depende tanto del olor como del sabor. En primero lugar vieron la interacción del olor a fresa y el dulzor de la sacarosa en muestras de crema batida, observaron que el olor a fresa mejoraba la dulzura máxima de los estímulos en todos los niveles de concentración de sacarosa que se evaluaron y que esta mejoría desaparecía cuando se les pedía a los participantes que se taparan la nariz. En la segunda experiencia evaluaron la capacidad del olor a mantequilla de maní para mejorar el dulzor de la sacarosa, viendo que este no influía en las calificaciones de dulzura de los estímulos de sacarosa, lo que les sugirió que la influencia del odorante de fresa en la dulzura (experimento 1) no fue un efecto generalizado de un odorante en el sabor y que algún aspecto de los estímulos de fresa o de la combinación de fresa/sacarosa condujo a respuestas dulces mejoradas, en esta experiencia también demostraron que no todos los olores pueden aumentar la dulzura. Con estos resultados realizaron la experiencia 3 para evaluar la capacidad del odorante de fresa para mejorar los sabores en general, viendo que este no aumentaba la salinidad en muestras con cloruro de sodio (Frank & Byram, 1988).

A partir de esto fue importante saber si las mezclas de sabores congruentes, familiares y complejas eran más efectivas para producir OITE, o cuáles podrían ser los límites de OITE para combinar volátiles dulces.

En temas de congruencia, es decir, sabores y olores que comúnmente se experimentan juntos en los alimentos, y por lo tanto se han asociado, existe evidencia previa que sugiere que esta puede ser necesaria para que ocurra la mejora del sabor a través del olor (Lim & Johnson, 2012).

En este sentido, Lim *et al.* (2014), midieron las intensidades de dulzor, acidez, amargor y olor específico de muestras acuosas de 3 sabores (sacarosa, ácido cítrico, cafeína) y 2 odorantes (citrinal, olor a café), tanto solos como en combinación. La Figura 11 muestra que solo la sacarosa mejoró significativamente las intensidades percibidas de los olores de cítricos y café, mientras que el ácido cítrico y la cafeína no mejoraron o incluso suprimieron los olores. Con esto concluyeron que el sabor-olor es una condición necesaria pero no suficiente para la mejora del olor retronasal. Por el contrario, la congruencia sabor-olor es un componente crítico para la referencia del olor retronasal, y el grado de congruencia modula el grado de referencia del olor a la boca.

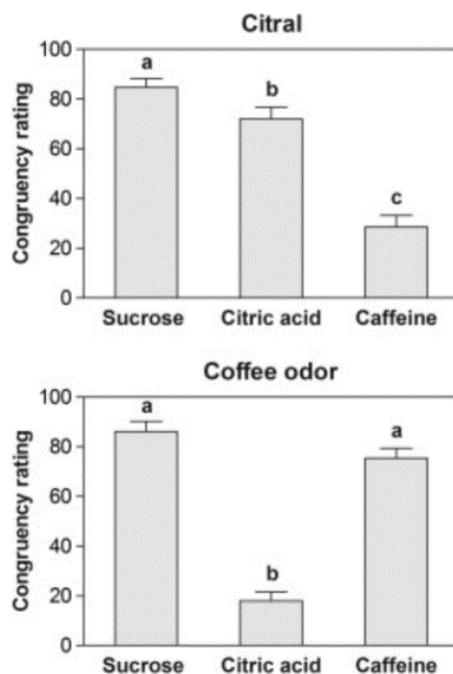


Figura 11 Calificaciones medias de congruencia para los pares de odorante a citral (olor fresco a cáscara de limón) y odorante a café. Fuente: Lim *et al.*, 2014.

Prescott e investigadores, concluyeron que un olor adquirirá las características de un sabor con el que se combina, incluso con tan solo una exposición conjunta, es decir que un simple emparejamiento de una muestra con un olor previamente con sacarosa en solución puede ser suficiente para producir un olor más dulce. Además, que cuando se utiliza una estrategia que promueve la síntesis perceptiva del olor y el gusto durante su exposición conjunta, estos olores adquirieron la capacidad de influir posteriormente en las intensidades gustativas en solución.

Tanto el aprendizaje asociativo como los procesos cognitivos son relevantes para explicar la mejora del gusto inducida por el olor y sugieren que este proceso dependerá de actividades neuronales que ocurren en las regiones quimiosensoriales del cerebro, incluida la ínsula anterior, el opérculo frontal, la corteza orbitofrontal y la corteza cingulada anterior (Prescott *et al.*, 2004; Small & Prescott, 2005; Prescott, 2012).

Existe el cuestionamiento si los resultados que se obtienen de la percepción del sabor dependen de las instrucciones que se les den a los participantes en el momento de hacer las pruebas. Al evaluar, por ejemplo una muestra con sacarosa y aroma a fresa y preguntar sobre la intensidad del dulzor se obtienen mejores resultados que al evaluar la misma muestra pero preguntar además de la intensidad del dulzor por otros atributos como por ejemplo la intensidad del sabor a fresa (Clark *et al.*, 1994).

Varios estudios han involucrado al aroma de vainilla para evaluar si este es capaz de aumentar el dulzor percibido. En un ensayo donde se vieron las interacciones entre la vainilla y la sacarosa, los autores indicaron que el aroma de vainilla mejora el dulzor percibido. Sin embargo, el efecto potenciador del dulzor del aroma de vainilla no fue tan pronunciado como el de la sacarosa sobre el sabor de vainilla (Wang & Adhikari, 2018).

De la misma forma, al poner a los participantes frente a muestras de leche con diferentes concentraciones de azúcar y vainilla añadida, una proporción

significativa emparejó las muestras con vainilla con una referencia que contenía más sacarosa añadida, lo que implica que las muestras con vainilla añadida se percibieron como más dulces (Wang G. *et al.*, 2019).

Alcaire *et al.* (2017) en su trabajo realizado en postres de leche de vainilla, evaluó la influencia del aumento de la concentración de vainilla y el aumento conjunto de la concentración de vainilla y almidón en la percepción sensorial y hedónica del consumidor. Encontró que se podía modificar el umbral de diferenciación, aumentando la percepción del dulzor al reducir en un 20% el contenido de azúcar. A este respecto, un estudio reciente en niños, también en postres de leche de vainilla, mostró que el aumento de la concentración de vainilla conducía a un aumento de la aceptabilidad, esto sí, aumentando el contenido de almidón (Velázquez *et al.*, 2020).

Otra arista fue partir con alimentos amargos, como una bebida preparada con polvo de cacao puro reconstituido al 14 % en agua mineral y una leche UHT con agregado de café. A ambas se les agregó saborizante de vainilla en tres concentraciones diferentes y se expuso a los participantes a dos situaciones: una con una pinza nasal y otra sin. Cuando se evaluó con la pinza nasal, no se observaron diferencias significativas de sabor y textura, no teniendo el aroma a vainilla un impacto significativo en el sabor. Sin pinza nasal, la interacción olfativa/sabor en la bebida de cacao condujo a un aumento del dulzor del saborizante de vainilla; por el contrario, en la leche con cafeína, la adición de

saborizante de vainilla no aumentó significativamente el dulzor, pero sí aumentó inesperadamente el amargor (Labbe *et al.*, 2006), por lo que se necesitan más estudios cuando se trata de matrices complejas.

Una forma de elegir el mejor odorante para mejorar la percepción del dulzor es evaluar primero los compuestos volátiles en la misma matriz. Barba *et al.* (2018), mediante cromatografía de gases y olfatometría, evaluó los compuestos volátiles de un extracto de jugo de múltiples frutas, buscando aquellos que fueran odorantes y se asociaran a un descriptor de dulzor. Encontraron que el 2-metilbutanoato de etilo, que tiene como descriptor aromático afrutado, y el linalol, de descriptor aromático floral, aumentaron el dulzor del jugo de frutas, cuando se incorporaron en las dos concentraciones evaluadas (baja y alta concentración). El furaneol y γ -decalactona mejoraron significativamente el sabor dulce en una solución acuosa, pero no aumentaron el dulzor en el extracto de jugo reducido en azúcar. Por lo que la existencia de interacciones perceptivas con otros odorantes presentes en el alimento, podrían influir en la detección de odorantes en matrices complejas.

Un estudio interesante fue el realizado por Wang Q. y colaboradores (2019), en donde buscaron evaluar si factores intrínsecos de un producto (aroma añadido) y contextuales (color y/o sonido; no relacionados con el producto) influyen en la percepción del sabor y el gusto del consumidor, con un enfoque en la percepción del dulzor. Utilizando una bebida de fruta de flor de saúco de manzana, aroma a

granada (previamente descrita como un aroma dulce y ácido), y como factor contextual dos bandas sonoras de los años 60, una correspondiente a la dulzura y la otra a la amargura (estudios previos de los mismos investigadores), se expuso a los participantes a diferentes condiciones y se les pidió que evaluaran la percepción de las intensidades de acidez, dulzura y amargura utilizando escalas de nueve puntos. Vieron que múltiples estímulos sensoriales podrían ser capaces de inducir una mayor modulación de la percepción del gusto o un efecto sobre el gusto cuando se combinan, en comparación que cuando se aplican individualmente. En sus resultados destacan que el nivel medio de aroma (Figura 12a) se percibía como el más dulce en comparación con la condición sin aroma y las condiciones de alta concentración. En términos del grado de mejora del dulzor, el porcentaje de mejora del aroma añadido combinado y la banda sonora dulce es aproximadamente el doble que el del aroma solo o la banda sonora sola (Figura 12b). Este resultado sugiere, que podría existir un dulzor linealmente aditivo que mejora por factores extrínsecos sumado a los intrínsecos. (Wang Q. *et al.*, 2019).

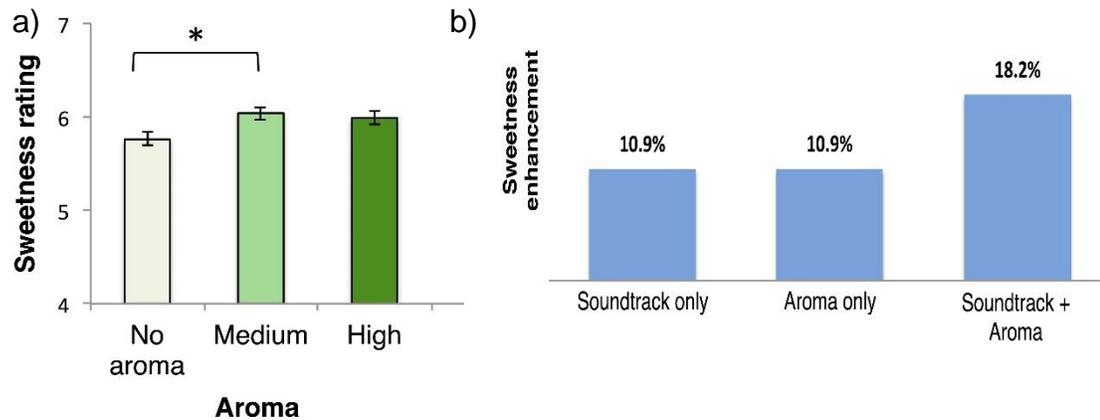


Figura 12 a) Calificaciones promedio de dulzura de los participantes para cada condición sensorial b) Efectos de mejora del dulzor (en términos de %) debido solo a la banda sonora, solo al aroma o a las condiciones combinadas de la banda sonora y el aroma. Fuente: Wang Q. *et al.*, 2019.

Existe bastante información sobre los volátiles clave asociados con la mejora del dulzor y se ha buscado si la combinación de diferentes grupos de estos puede dar lugar a efectos aditivos. Sin embargo, hasta el momento no está claro cuáles podrían ser los límites para agregar aún más odorantes asociados con la dulzura. Para escalar a la industria es importante analizar si estas modificaciones en los ingredientes de los alimentos para reducir los niveles de azúcar en sus productos comprometerán el perfil de sabor dulce que tanto gusta a los consumidores. El uso de odorantes asociados a la percepción dulce también podría ser una opción para disminuir el uso generalizado de edulcorantes no nutritivos que día a día se encuentran más en la mira de estudios de sus posibles efectos adversos.

5.2 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE SAL EN ALIMENTOS

Se ha visto que algunos aromas permiten disminuir el contenido de sal (Lawrence *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2015), o a mejorar el amargor (Caporale *et al.*, 2004) en algunas matrices alimentarias. Asimismo, se ha estudiado si posibles olores pudieran mejorar la percepción de la salinidad de soluciones con bajo contenido de sal, encontrándose que si estos olores asociados a la sal son bien seleccionados pueden mejorar la percepción de la salinidad e incluso aumentarla, especialmente en soluciones de agua simples que contienen una pequeña cantidad de sal (NaCl). Además, se ha observado que incluso olores no asociados con la sal podrían inducir la reducción de la salinidad (Lawrence *et al.*, 2009).

También se ha visto que el olor a salsa de soja mejora la salinidad percibida (Chokumnoyporn *et al.*, 2015) pero no el dulzor, y que estos cambios inducidos por el olor en la percepción del gusto son más débiles en las condiciones de sabor más fuertes (Djordjevic *et al.*, 2004). Además, que el aporte a la salinidad del olor de la salsa de soja se ve afectado si se encuentra cruda o cocida, perdiendo un 15% de sus propiedades con el calentamiento, pero pudiéndose restaurar agregando 3-metil-1-butanol (Manabe *et al.*, 2020).

Batenburg, investigó el uso de mezclas de aromas complejos en niveles altos, en lugar de la adición de compuestos de aromas únicos, para reducir el riesgo de

distorsionar el perfil de sabor general en muestras de caldo de carne. Este estudio demostró que la interacción multisensorial entre el aroma y el sabor se puede emplear para compensar los niveles más bajos de sal de los productos alimenticios más saludables sin alterar el patrón de sabor, esto agregando un sabor salado comercial extra a los caldos instantáneos reducidos en NaCl. Además, un aroma adicional mejora el mal sabor de los sustitutos de sal a base de potasio y en términos de cantidad se descubrió que una combinación de sustituto de sal a base de cloruro de potasio y aroma extra puede compensar hasta el 30 % de reducción de sodio sin cambios significativos en el perfil de sabor (Figura 13) y que el sotolón (4,5-dimetil-3-hidroxi-2(5H)-furanona), tienen un impacto significativo en la percepción de la salinidad (Figura 14) (Batenburg *et al.*, 2008; Batenburg & Velden, 2011).

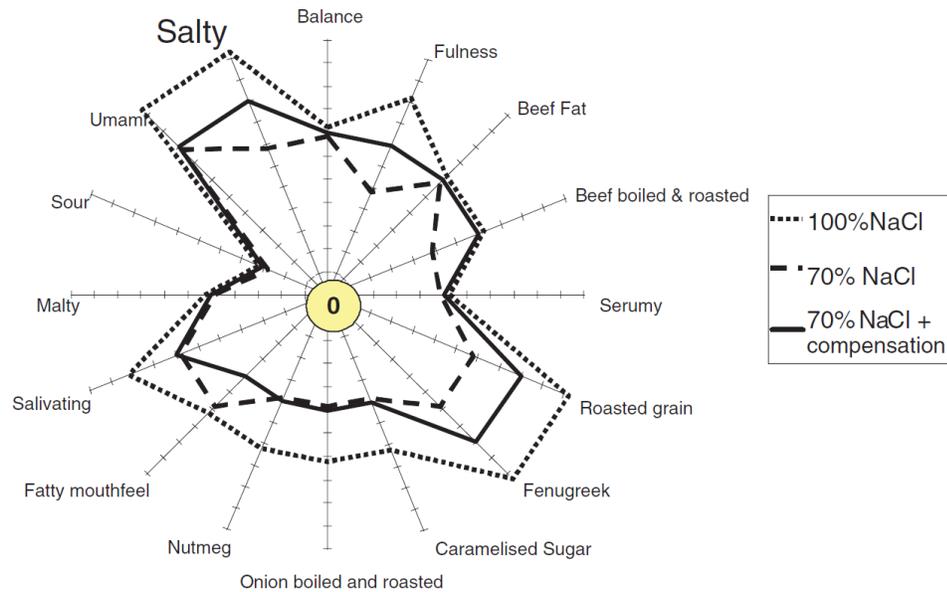


Figura 13 Perfil de sabor del caldo de res. Sal completa (8 g/L NaCl) y producto reducido en sodio al 30 % con una dosis normal y 2,4 veces mayor de saborizante de res. Fuente: Batenburg & Velden, 2011.

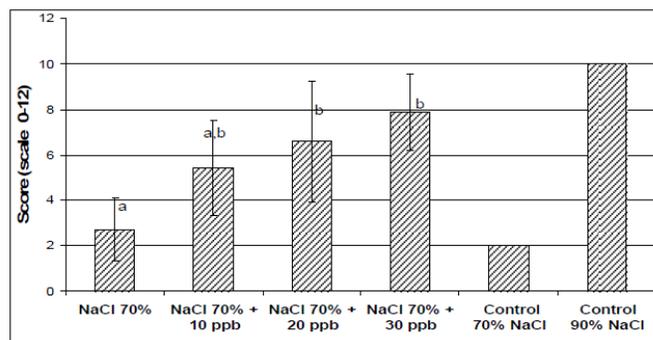


Figura 14 Mejora de la salinidad en un producto reducido en sal al 30 % mediante dosis crecientes (10, 20 y 30 ppb) de sotolón. Fuente: Batenburg *et al.*, 2008

Nasri (2011) y colaboradores observaron que la adición de aroma a sardina podía aumentar la salinidad percibida de soluciones previamente saladas, pero de

intensidad baja y media. Esto no sucedía con la solución de mayor intensidad de sal, abriendo la pregunta, si la concentración inicial de sal podría ser determinante en beneficio que otorga agregar un aroma.

Para elegir un odorante adecuado, se han investigado diferentes alternativas, una de ellas es el uso de la asociación cognitiva olor-sabor para detectar olores en función de su atributo semántico, este proceso lleva mucho menos tiempo para identificar un olor alimentario apropiado para su uso como sustancia OISE.

Un ejemplo de esto fue el realizado por Chokumnoyporn *et al.*, (2016), en donde un grupo de 410 participantes recibieron 57 alimentos/ingredientes y se les pidió que calificaran la intensidad de salinidad esperada. Los 10 alimentos que obtuvieron los mejores puntajes se muestran en la Figura 15, en este caso los investigadores decidieron seguir con la salsa de soya porque además de estar apoyada por estudios previos, es uno de los condimentos más populares para la comida oriental y se está volviendo popular en todo el mundo.

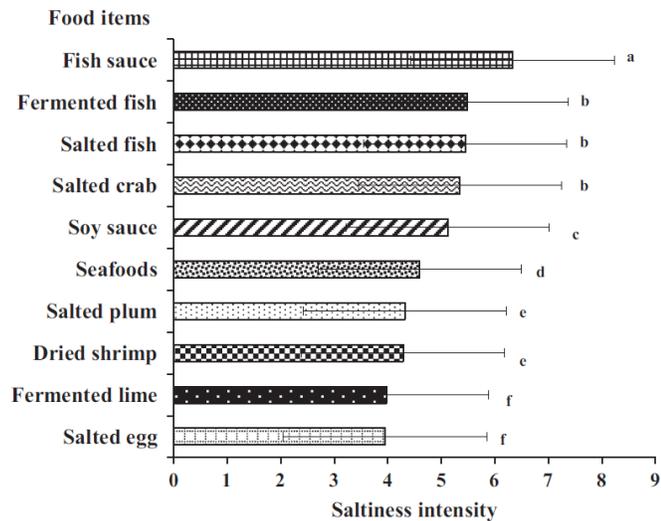


Figura 15 Valores de intensidad de salinidad de los diez alimentos/ingredientes principales calificados por 410 consumidores según una escala de 0 a 9 puntos. Fuente: Chokumnoyporn *et al.*, 2016.

Utilizando este odorante en mezcla con sal comercial en muestras de maní, determinaron que la muestra que contenía 50% pp de odorante de salsa de soja y 50% menos de sal que la muestra control, obtuvo 14 puntos más de lo que se esperaba en la evaluación de intensidad de salinidad. Esta mejora de la salinidad percibida se debió al efecto OISE impartido por el olor a salsa de soja.

Otra alternativa para elegir un odorante adecuado es utilizar cromatografía de gases/sabor asociado a olfatometría (GC/O-AT). Mediante esta técnica se busca disminuir el tiempo que llevaría evaluar sensorialmente los numerosos compuestos aromáticos activos que puede tener un ingrediente.

Zhou *et al.*, (2021) mediante olfatometría buscó los odorantes asociados con la salinidad en la salsa de soja para encontrar cuál era su capacidad para inducir una mejora de la salinidad. De los 30 olores asociados al sabor detectados en la salsa de soja china, 5 odorantes se asociaron con sabor salado (Figura 16). Se probó la influencia de 9 odorantes, 4 odorantes asociados con salado, 2 asociados con umami y 3 a dulce como controles.

Odor descriptors associated with saltiness						
1	897	unknown	onion	2.3	Salty (60%)	Sweet (40%)
2	916	3-(methylthio)propanal	cooked potato	3.3	Salty (78%)	Sweet (11%) umami (11%)
3	920	2,5-dimethylpyrazine	roasted nuts	2.9	Salty (57%)	Sweet (29%) bitter (14%)
4	969	dimethyl trisulfide	cooked onion	2.0	Salty (44%)	Umami (33%) sour (22%)
5	988	3-(methylthio)-1-propanol	cooked potato	2.4	Salty (100%)	

Figura 16 Extracto tabla N 1 “Olores identificados en salsa de soja china por GC-MS/O y GC/O-AT” Fuente: Zhou *et al.*, 2021.

Los panelistas calificaron las intensidades de sabor salado o umami de cada muestra, ya sea la solución de NaCl/GMS (sal/Glutamato monosodico) sola o la solución de NaCl/GMS con los odorantes. Los resultados mostraron (Figura 17) que 3 odorantes asociados con la sal; 3-metiltio-propanal (3MPal), 3-metiltio-1-propanol (3MPaol) y 2,5-dimetilpirazina (DMTS) y 1 odorante asociado con el umami, a saber, 1-octen-3-ol (1o3ol), podría mejorar significativamente la salinidad de la solución de NaCl al 0,3 %, mientras que los 3 odorantes asociados con el dulce de control (fenilacetaldehído, maltol y HDMF) no podrían mejorar la salinidad de la solución de NaCl.

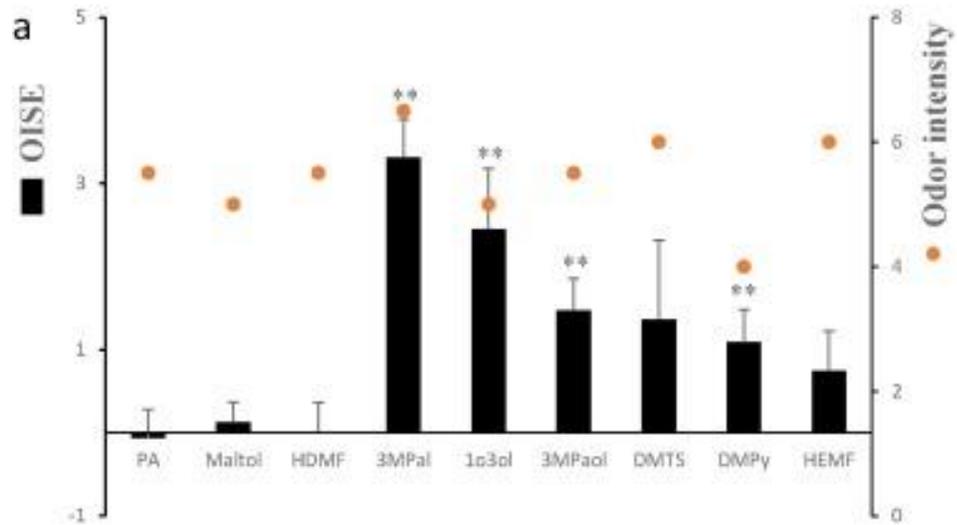


Figura 17 Media de la mejora de la salinidad inducida por el olor (OISE) para las muestras con un compuesto aromático. Fuente: Zhou *et al.*, 2021.

Estas observaciones indicaron que los efectos de sabor reales de la mayoría de los odorantes seleccionados coincidían con su asociación de sabor mostrada en el experimento GC-O/AT. Sin embargo, el trisulfuro de dimetilo (DMTS), asociado con el sabor salado en GC/O-AT, no pudo mejorar significativamente la salinidad de la solución de NaCl al 0,3%. Esto probablemente se debió a la complicada descripción del sabor del trisulfuro de dimetilo en GC/O-AT, que incluye 44 % de descripciones asociadas a salinidad, 33 % asociadas a umami y 22 % asociadas a acidez. Curiosamente, el olor asociado con umami 1-octen-3-ol con una nota de "hongo" también podría mejorar la percepción de salinidad en una solución de NaCl al 0,3%.

Sin embargo, y pese a la literatura que afirma la OISE, Lim & Linscott, (2015) han hecho investigaciones en donde sus resultados mostraron que no siempre esto se da, por ejemplo, que tanto el olor a pollo como el de salsa de soya no mejoraron la salinidad. De hecho, aunque no fue estadísticamente significativo, la adición del olor a salsa de soya estuvo cerca de suprimir la salinidad del NaCl (Figura 18).

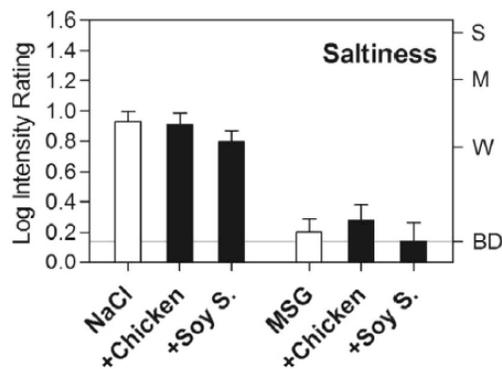


Figura 18 Calificaciones medias logarítmicas de la intensidad percibida de salado. Barra blanca; saborizante entregado solo, barra negra; mezclas de sabor y olor. Fuente Lim & Linscott, 2015.

Los autores demostraron que los olores retronasales son incapaces de mejorar los sabores salado y umami cuando se proporcionaron todas las categorías de calificación apropiadas. Por el contrario, demostraron que los sabores salado y umami mejoran los olores de pollo y salsa de soya (GMS, el GMP y el NaCl) mejoraron significativamente el olor a pollo, mientras que el GMS y el NaCl mejoraron el olor a salsa de soya (Figura 19). Ese último resultado presta un

fuerte apoyo a la hipótesis de Lim & Linscott, (2015), de que la mejora del olor por el sabor está íntimamente relacionada con el estado de calidad de un sabor; solo aquellos sabores que señalan la presencia de sustancias "beneficiosas" o "nutritivas" (es decir, dulce, salado y umami) son capaces de mejorar los olores congruentes percibidos por vía retronasal (Fujimaru & Lim, 2013; Green *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2014).

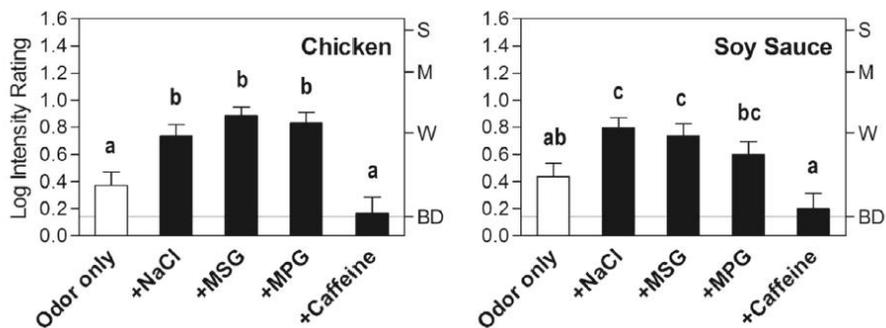


Figura 19 Calificaciones medias logarítmicas de la intensidad percibida de "pollo" (izquierda) y "salsa de soya" (derecha). Fuente: Lim & Linscott, 2015.

Desde el punto de vista neuronal respecto a la mejora de la salinidad en los humanos, Onuma, *et al.*, (2018) mediante espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS), midieron la actividad cerebral temporal y la respuesta de las glándulas salivales parótidas. Los resultados mostraron que el glutamato monosódico y la salsa de soya agregados mejoraron la respuesta hemodinámica en las regiones temporales del cerebro, incluido el opérculo frontal, pero no se detectó ningún efecto en las respuestas salivales hemodinámicas. Estos

resultados indican que la mejora percibida de la salinidad ocurre en la región del cerebro que está involucrada en el procesamiento gustativo central y que las áreas integradoras de alto nivel procesan interacciones olor-sabor con posibles efectos de arriba hacia abajo en las regiones sensoriales primarias (Sinding *et al.*, 2021).

El enfoque para reducir la sal basado en las interacciones entre el olor y el sabor atrae cada vez más atención, se vio que olores específicos relacionados con la sal aplicados por vía retronasal pueden mejorar la salinidad de hasta cerca del 30%. La salsa de soya, producto de alto consumo en países asiáticos pero que cada día toma más partido en el mercado mundial y nacional se presenta como una potencial opción para mejorar la percepción del sabor salado, no tan solo en soluciones con cloruro de sodio sino también en alimentos reales líquidos y sólidos. Esto puede proporcionar a la industria alimentaria un método para reducir la sal en los alimentos y formular productos más saludables mediante el uso de aroma de salsa de soja. Aún existe investigación en desarrollo para dilucidar el efectos de las interacciones olor-sabor en matrices complejas.

5.3 UTILIZACIÓN DE ODORANTES PARA DISMINUIR EL CONTENIDO DE MATERIA GRASA EN ALIMENTOS

Junto a la cantidad de azúcares y de sal en los alimentos, el exceso de consumo de grasa que está contenida en estos es el tercer pilar que tiene una incidencia negativa en la población. En el caso de los alimentos grasos, el consumo de grasas según la ENCA se puede dividir en 4 subgrupos: aceites principalmente poliinsaturados (aceite de maravilla, maíz, canola, entre otros), aceites principalmente monoinsaturados (aceite de oliva, aceite de palta), aceites y grasas principalmente saturados (mantequilla, paté, crema, manteca, etc.) y alimentos ricos en lípidos principalmente monoinsaturados (palta, aceitunas, frutos secos como almendras, maní, nueces, entre otros). En donde el tipo de aceites más consumidos son los poliinsaturados, seguidos de los aceites y grasas saturadas, destacándose además el bajo consumo de aceites monoinsaturados (ENCA, 2010).

Existe un desafío para la aceptación del sabor graso, debido a que las grasas tienen baja probabilidad a que se unan a cualquier sistema receptor en la cavidad oral, así como la ausencia de una sensación universal identificable y una etiqueta descriptiva (Mattes, 2009).

El sabor de la grasa surge de una sinergia entre el gusto, la somatosensación y el olfato (Drewnowski & Almiron-Roig, 2010). Mientras que los olores oronasales están relacionados con la detección de fuentes de alimentos y la inducción del

apetito durante la fase anticipatoria de comer, los olores retronasales se consideran contribuyentes fundamentales a la percepción del sabor durante el consumo de alimentos y pueden influir en la ingesta y la saciedad.

Los estudios muestran una asociación entre la sensibilidad a los ácidos grasos, la ingesta dietética y el IMC, pero los resultados son contradictorios. Las personas sí podrían detectar de manera confiable el contenido de grasa de los alimentos solo a través de los olores según un estudio realizado por Boesveldt & Lundström (2014). En él, los participantes pudieron discriminar entre las diferentes muestras de leche (con diferentes porcentajes de grasa), pudieron diferenciar entre la leche descremada de la leche semidescremada, así como la leche descremada de la leche grasa, sin embargo, los participantes no pudieron discriminar la leche mediana de la leche grasa (Figura 20).

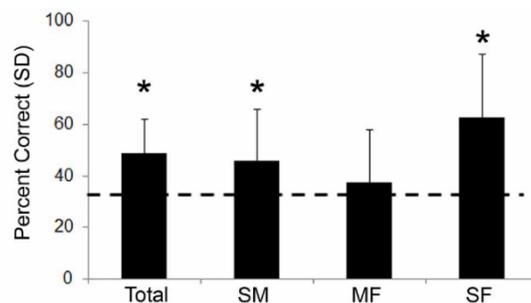


Figura 20 Porcentaje de acierto en la discriminación. SM = Discriminación entre leche descremada y mediana; MF = discriminación entre leche media y grasa; SF = discriminación entre leche descremada y grasa. Fuente: Boesveldt & Lundström (2014)

Zhou *et al.*, (2016) examinaron los efectos de diferentes modalidades sensoriales (sabor, sensación en la boca y olor) sobre la intensidad percibida de grasa en un modelo alimentario real. Hicieron muestras de leche con diferentes concentraciones de grasas. Algunas muestras fueron enmascaradas con maltodextrina, goma xantan y parafina líquida. A los participantes se les pidió evaluar la intensidad de grasitud.

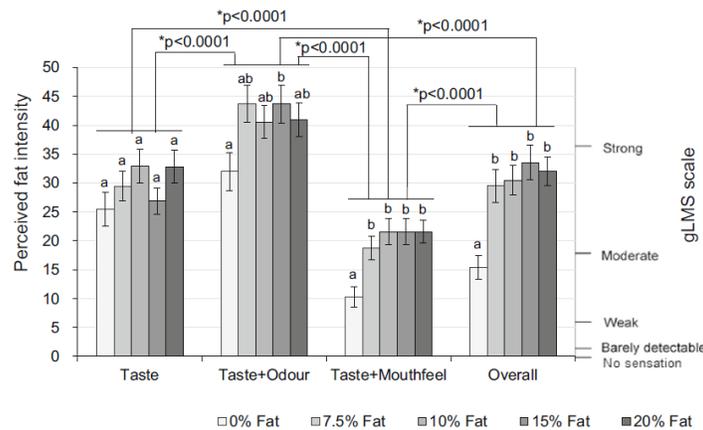


Figura 21 Intensidad de grasa percibida bajo diferentes modalidades. Fuente Zhou *et al.*, 2016.

La intensidad de la grasa percibida evaluada a partir del gusto + olor fue significativamente mayor que la intensidad percibida solo por el gusto (utilizando pinzas nasales). Las muestras enmascaradas con la sensación en la boca obtuvieron una calificación más alta, lo que demuestra que una mayor viscosidad y lubricidad mejoran la percepción de la grasa (Figura 21).

Un reciente estudio de Pirc *et al.* (2022), evaluó la discriminación ortonasal y retronasal usando muestras de leche de vaca con concentraciones de grasa de 0 %, 1,5 % y 3,5 %. Por vía ortonasal se pudo discriminar entre los tres niveles de grasa mientras que por vía retronasal podían hacerlo entre 0 % y 1,5 % y entre 0 % y 3,5 %. Luego por discriminación retronasal, utilizaron muestras de leche al 3,5 %, 7 %, 10,5 % y 14 % de grasa. Fue posible discriminar entre el 3,5 % y el 14 % y entre el 7 % y el 14 %. Además, evaluaron si había efectos de la ingesta total de grasas lácteas, la ingesta total de productos lácteos o la frecuencia de exposición láctea sobre la capacidad de discriminación en ambos experimentos y concluyeron que no existían tales efectos.

Un estudio realizado por Syarifuddin *et al.* (2016) buscó evaluar el efecto de las interacciones intermodales (olor-sabor-textura) en la percepción de sal y grasa en productos alimenticios sólidos similares al queso. Para esto utilizaron aroma a sardina para el efecto en la salinidad y mantequilla para el efecto en el contenido de grasa (se analizan los resultados de la adición de aroma mantequilla). Como primer resultado vieron que la adición del aroma a mantequilla en el producto “queso” no alteró las propiedades reológicas de éstos, no siendo diferentes a los productos sin el sabor. Los quesos que tenían menor

contenido de grasa y alto valor de pH al momento de cuajar presentaron una estructura más dura y menos elástica que los que cuajaban a pH más bajo.

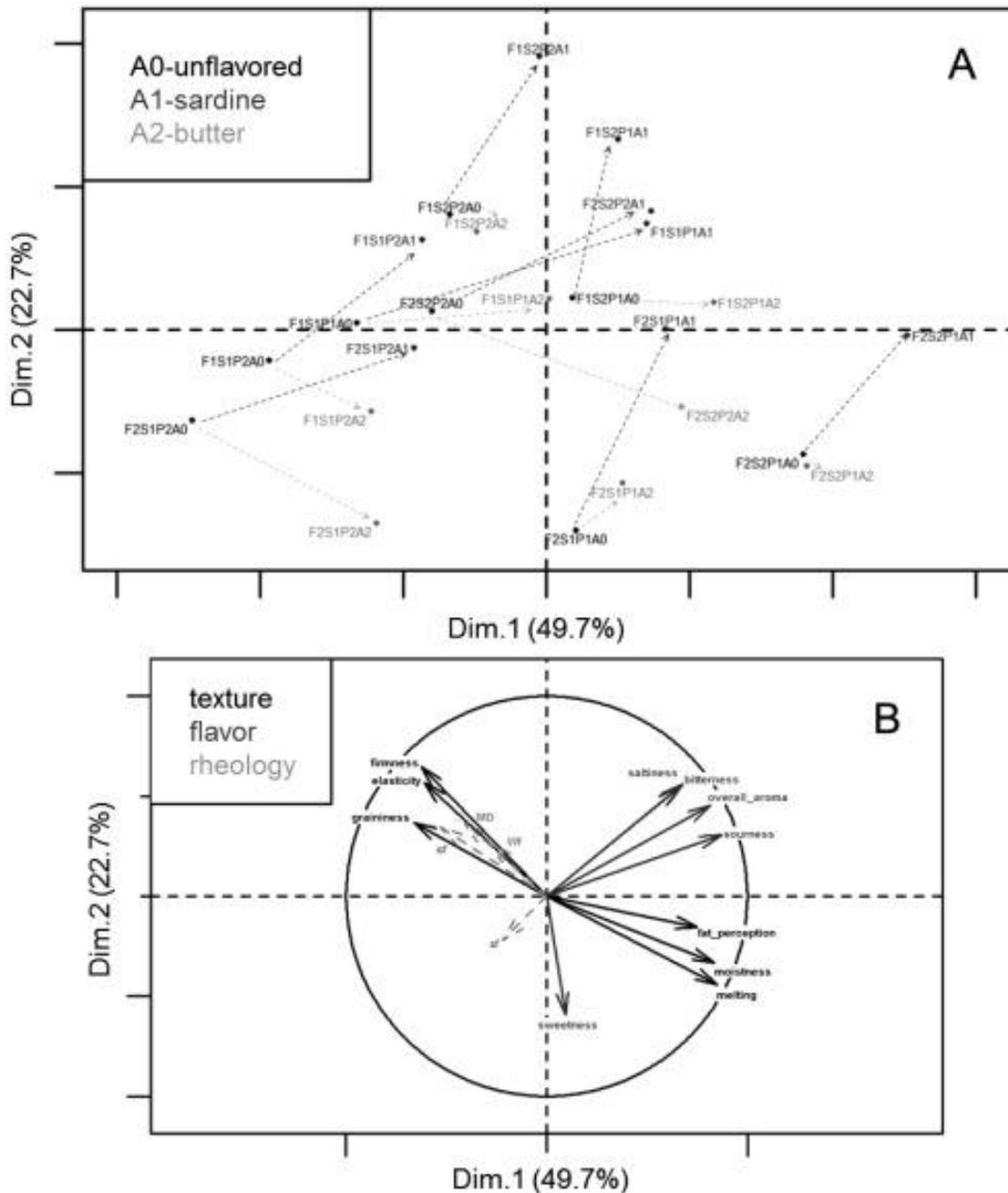


Figura 22 Mapas de productos (A) y variables (B) basados en las dos primeras dimensiones de un análisis de factores múltiples. Fuente: Syarifuddin, *et al.*, 2016.

En cuanto al efecto sensorial de la adición de aroma en función de la composición y estructura del queso modelo, se observa en la figura 22 A en complemento con la figura 22 B, que cuando los quesos se aromatizaron con aroma de sardina, todas las muestras sin sabor migraron a la parte superior derecha del mapa, lo que sugiere que estas muestras se perciben como más saladas, independientemente de su composición y/o estructura. Por el contrario, las muestras que tenían aroma de mantequilla migraron a la parte inferior derecha del mapa, lo que sugiere que se percibía que estas muestras se derretían más y tenían un mayor contenido de grasa. Sin embargo, el contenido de grasa y valor de pH influenciaron mucho al momento de migrar. Aquellos productos con alto contenido de grasa y alto valor de pH en el cuajo (F2S1P2 o F2S2P2; revisar composición en anexo 1) se vieron influenciadas por la adición de aroma a mantequilla, sin embargo, no fue así en aquellas que no cumplían con ambas características (F2S2P1 o F1S2P2; revisar composición en anexo 1). Junto con otros análisis se concluye que la mejora de la percepción de grasa inducida por el aroma de mantequilla en general fue significativa, (excepto en dos muestras F1S2P2 y F2S1P2; revisar composición en anexo 1) pero que el efecto de la composición es complicado, existiendo una interacción significativa entre factores de la composición como el porcentaje de grasa, pH y el contenido de sal, incluso al momento de la preferencia de los consumidores cuando eligen muestras con aroma a mantequilla, prefirieron aquellas con menor contenido de grasa, excepto

para productos con alto contenido de sal y pH alto, mientras que esta relación se invirtió para productos con alto contenido de grasa.

Tras una minuciosa búsqueda, se conoce prácticamente nula literatura si la adición de algún aroma podría ayudar a disminuir el contenido de grasa en los alimentos, pero si se sabe que el ser humano es capaz de detectar la presencia de grasa por vía retronasal, y además que es capaz de discriminar entre las concentraciones de grasas en un producto alimenticio real. Otro punto importante es que, según la literatura revisada, tal capacidad de discriminar los contenidos de grasas no parece verse afectado por la ingesta habitual, ni de grasa ni de alimentos, por ejemplo, en lácteos que es donde se han realizado mayoritariamente los estudios. El siguiente paso importante, es identificar qué señales químicas son responsables del olor de la grasa para poder hacer las pruebas como se ha hecho con los odorantes asociados a sabor dulce y salado para poder brindar la oportunidad de reducir el contenido de grasa en alimentos, que hoy en día se consumen en cantidades exorbitantes, teniendo en cuenta que reducir el contenido de grasa en un producto alimenticio puede afectar su sabor y textura, lo que a su vez probablemente alterará el gusto del consumidor en comparación con el producto original.

6. CONCLUSIONES

- Chile ha implementado y evaluado constantemente una serie de programas guiados a promover una vida sana y alimentación saludable desde que comenzó el problema de obesidad en el país.
- Los edulcorantes como alternativa al reemplazo del azúcar siguen siendo una de las estrategias más utilizadas por la industria alimentaria que pese al estar aprobadas por la OMS, siguen en constante estudio por sus posibles efectos adversos a la salud.
- La utilización de odorantes asociados al sabor dulce y salado se presentan como una opción para poder ser utilizados en alimentos líquidos o sólidos con el fin de poder disminuir las concentraciones de azúcar y sal respectivamente, sin alterar la aceptación del consumidor.
- Aún no está claro cuáles podrían ser los límites para agregar aún más volátiles asociados al dulzor o la salinidad.
- La utilización de odorantes asociados al sabor graso, aún es un campo nuevo de investigación, la disminución del porcentaje de grasa en un alimento altera las propiedades de él como la textura e incluso como la liberación de compuestos volátiles, lo que la hace una matriz más difícil de estudiar.

- En base a los estudios consultados, el uso de odorantes asociados a la percepción del sabor dulce y salado se recomiendan como una potencial opción para disminuir el contenido de azúcar y sal en alimentos.
- Debido que se desconoce si existen este tipo de pruebas en Chile, se sugiere reproducir experiencias como las citadas, utilizando alimentos de alto consumo en el país, desarrollar una prueba a nivel de consumidores y evaluar si es posible considerarla como una opción para producir alimentos más saludables.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albala, C., Olivares, S., Salinas, J., & Vio, F. (2004). Bases, prioridades y desafíos de la promoción de la salud. Santiago de Chile: Andros Impresores.

Albala, C. (2017) "Transición nutricional en Chile". Material del curso "De la desnutrición a la obesidad", impartido en UAbierta, Universidad de Chile.

Almeida, C., Justo L., da Silva E., Custódio de Paula M., Della Lucia, S., Viera, R., Henriques, S., Moulin R. & Lima T. (2021). How much can sodium chloride be substituted for potassium chloride without affecting the sensory acceptance of cracker-type biscuits? Food Research International, Volume 150, Part A,110798. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110798>.

Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Ares, G. (2017). "Aroma-Related Cross-Modal Interactions for Sugar Reduction in Milk Desserts: Influence on Consumer Perception". Food Research International 97: 45-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.019>

ASTM E253-20, (2020). Standard Terminology Relating to Sensory Evaluation of Materials and Products, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org

Atalah, E. S. (2012). Epidemiología de la obesidad en Chile. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(2), 117-123. doi:10.1016/S0716-8640(12)70287-0

Araujo, T., Freitas, I., Vettorazzi, J., Batista, T., Santos-Silva, J., Bonfleur, M., Balbo, S., Boshero, A., Carneiro E. & Aparecida, R. (2017) Benefits of L-alanine or L-arginine supplementation against adiposity and glucose intolerance in monosodium glutamate-induced obesity. *Eur J Nutr.* 56:2069-80

Auvray, M. & Spence, C. (2008). The multisensory perception of flavor. Consciousness and cognition. 17. 1016-31. [10.1016/j.concog.2007.06.005](https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.06.005).

Banerjee, A., Mukherjee, S. & Kumar B. (2021). Worldwide flavor enhancer monosodium glutamate combined with high lipid diet provokes metabolic alterations and systemic anomalies: An overview. *Toxicology Reports*, Volume 8, pp 938-961, <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.04.009>.

Barba, C., Beno, N., Guichard, E., Thomas-Danguin T. (2018). "Selecting Odorant Compounds to Enhance Sweet Flavor Perception by Gas Chromatography/Olfactometry-Associated Taste (GC/O-AT)." *Food Chemistry* 257: 172–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.152>.

Batenburg, M., Landrieu, E., Velden, R & Smit, V. (2008). Salt enhancement by aroma compounds. *Boundary-layer Meteorology - BOUND-LAY METEOROL.*

Batenburg, M. & Velden, R. (2011). Saltiness Enhancement by Savory Aroma Compounds. *Journal of food science*. 76. S280-8. [10.1111/j.1750-3841.2011.02198.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02198.x).

Beltrán, L. (2013). Desafíos en la reducción de sal en los alimentos: de la teoría a la práctica. *Revista Alimentos Hoy*. Vol 22, No 29

Bera, T., Kar, S., Yadav, P., Mukherjee, P., Yadav, S. & Joshi, B. (2017). Effects of monosodium glutamate on human health: a systematic review. *World J. Pharm. Res.*, 5, pp. 139-144

Bidlas, E. & Lambert, R. (2008). Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. *International Journal of Food Microbiology*, 124 (1), pp. 98-102. DOI: [10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.031)

Boesveldt, S. & Lundström, J. (2014). "Detecting Fat Content of Food from a Distance: Olfactory-Based Fat Discrimination in Humans". *PloS one*. 9. e85977. [10.1371. DOI: 10.1371/journal.pone.0085977](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085977)

- Bray, G. A., Kim, K. K., Wilding, J. P. H., & World Obesity, F. (2017). Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obesity Reviews*, 18(7), 715-723. doi:10.1111/obr.12551
- Brandsma, I. (2006). Reducing sodium: a European perspective. *Journal of Food Technology*, 60: 3, 25–29
- Brewis, A. A. (2014). Stigma and the perpetuation of obesity. *Social Science & Medicine*, 118, 152-158. doi:10.1016/j.socscimed.2014.08.003
- Broughton, D. E., & Moley, K. H. (2017). Obesity and female infertility: potential mediators of obesity's impact. *Fertility and Sterility*, 107(4). doi:10.1016/j.fertnstert.2017.01.017
- Burdach, K., Kroeze, J. & Köster, E. (1984). Nasal, retronasal, and gustatory perception: an experimental comparison. *Percept Psychophys*. Sep;36(3):205-8. doi: 10.3758/bf03206360. PMID: 6522211.
- Cabezas J., Redondo M., Umaña C. & Arias M. (2018). Antimicrobial activity of different sodium and potassium salts of carboxylic acid against some common foodborne pathogens and spoilage-associated bacteria. *Revista Argentina de Microbiología*. Volume 50, Issue 1, pp 56-61 DOI: 10.1016/j.ram.2016.11.011
- Capacci, S., Mazzocchi, M., Shankar, B., Macias, J. B., Verbeke, W., Perez-Cueto, F. J. A., . . . Traill, W. B. (2012). Policies to promote healthy eating in Europe: a structured review of policies and their effectiveness. *Nutrition Reviews*, 70(3), 188-200. doi:10.1111/j.1753-4887.2011.00442.x
- Caporale, G., Policastro S., Monteleone E. (2004). "Bitterness Enhancement Induced by Cut Grass Odorant (Cis-3-Hexen-1-Ol) in a Model Olive Oil." *Food Quality and Preference* 15(3): 219–27.

Chavan, R., Khedkar, C. & Bhatt S. (2016) Fat Replacer. Encyclopedia of Food and Health, Academic Press. Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá. pp 589-595. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00271-3>.

Chavez, M. (8 septiembre, 2019). Marcas prefieren volver a recetas originales de productos, sin importar los sellos “Alto en”. *El Mercurio*. <https://digital.elmercurio.com/2019/09/08/C/KL3LOE5D/light?gt=171102>

Chazelas, E., Deschasaux, M., Srour, B. *et al.* (2020). Food additives: distribution and co-occurrence in 126,000 food products of the French market. *Sci Rep* 10, 3980. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60948-w>

Chokumnoyporn, N., Sriwattana, S., Phimolsiripol, Y., Torrico, D.D. & Prinyawiwatkul, W. (2015). Soy sauce odour induces and enhances saltiness perception. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 2215–2221. DOI:10.1111/ijfs.12885

Chokumnoyporn, N., Sriwattana, S. & Prinyawiwatkul, W. (2016). Saltiness enhancement of oil roasted peanuts induced by foam-mat salt and soy sauce odour. *International Journal of Food Science & Technology*. 51. n/a-n/a. 10.1111/ijfs.13048.

Clark, C. & Lawless, H. (1994). Limiting response alternatives in time-intensity scaling: An examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses*, 19 (6), pp. 583-594, 10.1093/chemse/19.6.583

Cobo, N. (2017). Ley de rotulación de alimentos de Chile: ¿Traba comercial o protección de la salud? *Revista de Derecho Internacional*, 14(3), 261-275. doi:10.5102/rdi.v14i3.5079

Corvalán, C., Correa, T., Reyes, M. & Paraje, G. (2021). Impacto de la ley chilena de etiquetado en el sector productivo alimentario. Santiago de Chile, FAO e INTA.

Crovetto, M., & Vio del R, F. (2009). Antecedentes internacionales y nacionales de la promoción de salud en Chile: lecciones aprendidas y proyecciones futuras. *Revista chilena de nutrición*, 36, 32-45. doi:10.4067/S0717-75182009000100004

Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30021, Ley de Promoción de la Alimentación Saludable DECRETO SUPREMO N° 017-2017-SA, Ministerio de Salud Perú. <https://cutt.ly/GAnFTad>

Dixon, A. E., & Peters, U. (2018). The effect of obesity on lung function. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 12(9), 755-767. doi:10.1080/17476348.2018.1506331

Djordjevic, J., R. J. Zatorre, and M. Jones-Gotman. 2004. "Odor-Induced Changes in Taste Perception." *Experimental Brain Research* 159(3): 405–8.

Drewnowski, A. & Almiron-Roig, E. (2010). Human Perceptions and Preferences for Fat-Rich Foods. DOI: 10.1201/9781420067767-c11

Dunkel, A., Steinhaus, M., Kotthoff, M., Nowak, B., Krautwurst, D., Schieberle, P. & Hofmann, T. (2014). Nature's chemical signatures in human olfaction: A foodborne perspective for future biotechnology. *Angewandte Chemie International Edition*, 53 (2014), pp. 7124-7143. DOI: 10.1002/anie.201309508

Dzendolet, E. & Meiselman, H. (1967). Cation and anion contributions to gustatory quality of simple salts. *Journal of Perception & Psychophysics*. 2: 12-B, 601604.

EGO (2005). Gobierno de Chile. Ministerio de Salud. Estrategia Global contra la Obesidad (EGO-Chile). Documento de Trabajo, diciembre 2005.

ENCA. (2010). Encuesta Nacional de Consumo Alimentario. Ministerio de Salud (MINSAL), Gobierno de Chile. 2010; Disponible: <https://www.minsal.cl/sites/default/files/ENCA.pdf>

- ENS (2017). Encuesta Nacional de Salud, Primeros resultados 2016-2017. https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/11/ENS-2016-17_PRIMEROS-RESULTADOS.pdf
- European Food Safety authority (2013). Aspartamo. Retrieved <https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/aspartame#publicado> acceso febrero 2022
- Ezzati, M., Bentham, J., Di Cesare, M., Bilano, V., Bixby, H., Zhou, B., . . . RisC, N. C. D. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*, 390(10113), 2627-2642. doi:10.1016/s0140-6736(17)32129-3
- Feltrin, A., de Souza, V., Saraiva C., Nuñez C. & Pinheiro A. (2015). Sensory study of different sodium chloride substitutes in aqueous solution *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (3), pp. 730-735. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12670>
- Franco-Giraldo, Á. (2012). Promoción de la salud (PS) en la globalidad. Health promotion in globalization. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 193-201. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2012000200008
- Frank, R. & Byram, J. (1988). Taste–smell interactions are tastant and odorant dependent. *Chemical Senses*, Volume 13, Issue 3, pp 445–455, <https://doi.org/10.1093/chemse/13.3.445>
- Fujimaru, T., & Lim, J. (2013). Effects of stimulus intensity on odor enhancement by taste. *Chemosensory Perception*, 6, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s12078-013-9140-5>
- García-Almeida, J., Casado M., García J. (2013). “Una Visión Global y Actual de Los Edulcorantes. Aspectos de Regulación.” *Nutricion Hospitalaria* 28(SUPPL.4): 17–31.
- Geithe, C. & Krautwurst, D. (2016). Key food odorant profiles for broadly tuned odorant receptors. *Journal of Digital Olfaction (JDOS)*. 4. 10.18143/JDOS_v4i1.978.

GSFA (2019) CODEX GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES (GSFA) ONLINE DATABASE <https://www.fao.org/gsfaonline/index.html?lang=en>

Gobierno de Chile. (2013). Programa Elige Vivir Sano. Retrieved from <http://eligevivirsano.gob.cl/>
Modifica decreto supremo n° 977, de 1996, Reglamento Sanitario de los Alimentos, (2015).

Godfrey, K. M., Reynolds, R. M., Prescott, S. L., Nyirenda, M., Jaddoe, V. W. V., Eriksson, J. G., & Broekman, B. F. P. (2017). Influence of maternal obesity on the long-term health of off spring. *Lancet Diabetes & Endocrinology*, 5(1), 53-64. doi:10.1016/s2213-8587(16)30107-3

Gravelle, A., Barbut, S. & Marangoni, A. (2017). Food-grade filler particles as an alternative method to modify the texture and stability of myofibrillar gels. *Sci Rep* 7, 11544. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11711-1>

Green, B., Nachtigal, D., Hammond, S., & Lim, J. (2012). Enhancement of retronasal odors by taste. *Chemical Senses*, 37(1), 77–86. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjr068>

Grillo A, Salvi L, Coruzzi P, Salvi P & Parati G. (2019). Sodium Intake and Hypertension. *Nutrients*. Aug 21;11(9):1970. doi: 10.3390/nu11091970. PMID: 31438636; PMCID: PMC6770596.

Halpern, B. (2000) Glutamate and the flavor of foods. *J. Nutr.*, 130, pp.910S-914S, 10.1093/jn/130.4.910S

He, K., Du, S., Xun, P., Sharma, S., Wang, H., Zhai, F. & Popkin, B. (2011). Consumption of monosodium glutamate in relation to incidence of overweight in chinese adults: China Health and Nutrition Survey. *Am J Clin Nutr*. Vol. 93, 6, pp. 1328-1336.

Hernández M., Martínez B., Almiron-Roig, E., Pérez-Diez, S., San Cristóbal, R., Navas-Carretero, S. & Martínez, J. (2018). Influencia multisensorial sobre la conducta alimentaria: ingesta hedónica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*. Volume 65, Issue 2, pp 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2017.09.008>.

Horita, C., Messias, V., Morgano, M., Hayakawa, F. & Pollonio, M. (2014) Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. *Food Research International*, 66, pp. 29-35

IHME. (2020). High body-mass index — Level 2 risk. Retrieved from https://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/high-body-mass-index-level-2-risk

JUNAEB (2020). Mapa Nutricional. https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2021/03/MapaNutricional2020_.pdf

Karimi, R., Azizi, M.H., Ghasemlou, M. & Vaziri, M (2015). Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: a review. *Carbohydr. Polym.* 2015;119:85–100

Katz, M. H. (2021). Regardless of age, obesity and hypertension increase risks with COVID-19. *JAMA Internal Medicine*, 181(3), 381-381. doi:10.1001/jamainternmed.2020.5415

Kelsey, M. M., Zaepfel, A., Bjornstad, P., & Nadeau, K. J. (2014). Age-Related Consequences of Childhood Obesity. *Gerontology*, 60(3), 222-228. doi:10.1159/000356023

Koliaki, C., Liatis, S., & Kokkinos, A. (2019). Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship. *Metabolism-Clinical and Experimental*, 92, 98-107. doi:10.1016/j.metabol.2018.10.011

Kramer, C. K., Zinman, B., & Retnakaran, R. (2013). Are Metabolically Healthy Overweight and Obesity Benign Conditions? A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 159(11), 758+. doi:10.7326/0003-4819-159-11-201312030-00008

Kumar, S., & Kelly, A. S. (2017). Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(2), 251-265. doi:10.1016/j.mayocp.2016.09.017

Kyle, T. K., Dhurandhar, E. J., & Allison, D. B. (2016). Regarding obesity as a disease evolving policies and their implications. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 45(3), 511-+. doi:10.1016/j.ecl.2016.04.004

Labbe, D., Damevin, L., Vaccher, C., Morgeneegg, C. & Martin, N.(2006) Modulation of perceived taste by olfaction in familiar and unfamiliar beverages. *Food Quality and Preference*, Volume 17, Issues 7–8, pp 582-589, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.04.006>.

Laing DG, Link C, Jinks AL, Hutchinson I. (2002). The limited capacity of humans to identify the components of taste mixtures and taste-odour mixtures. *Perception*. 31(5):617-35. doi: 10.1068/p3205. PMID: 12044101.

Lavie, C. J., Alpert, M. A., Arena, R., Mehra, M. R., Milani, R. V., & Ventura, H. O. (2013). Impact of Obesity and the Obesity Paradox on Prevalence and Prognosis in Heart Failure. *Jacc-Heart Failure*, 1(2), 93-102. doi:10.1016/j.jchf.2013.01.006

Lawrence, G. *et al.* 2009. "Odour-Taste Interactions: A Way to Enhance Saltiness in Low-Salt Content Solutions." *Food Quality and Preference* 20(3): 241–48.

Lawrence, G., Salles C., Palicki, O., Septier, C., Busch J., Thomas-Danguinet T. (2011). "Using Cross-Modal Interactions to Counterbalance Salt Reduction in Solid Foods." *International Dairy Journal* 21(2): 103–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.09.005>.

Lee, C., Lee, S., Ok, K. (2015). "Use of Consumer Acceptability as a Tool to Determine the Level of Sodium Reduction: A Case Study on Beef Soup Substituted With Potassium Chloride and Soy-Sauce Odor." *Journal of Food Science* 80(11): S2570–77.

Ley N° 20.606. Sobre composición nutricional de los alimentos y su publicidad. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 06 de julio de 2012 Versión 13 de noviembre de 2015. <http://bcn.cl/2gefy>

- Lim, J., & Johnson, M. B. (2012). The role of congruency in retronasal odor referral to the mouth. *Chemical Senses*, 37(6), 515–522.
- Lim, J., Fujimaru, T. & Linscott, T. (2014). The role of congruency in taste–odor interactions. *Food Quality and Preference*, Volume 34, pp 5-13, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.12.002>.
- Lim, J. & Linscott, T. (2015). Retronasal odor enhancement by salty and umami tastes. *Food Quality and Preference*. 48. 1-10. 10.1016/j.foodqual.2015.08.004.
- Lira, M. (2019). *Informe Mapa Nutricional 2018*. Retrieved from Santiago, Chile:
- Lobos, L. L., Leyton, B., Kain, J., & Vio, F. (2013). Evaluación de una intervención educativa para la prevención de la obesidad infantil en escuelas básicas de Chile. [Evaluation of an education intervention for childhood obesity prevention in basic school in Chile]. *Nutrición Hospitalaria*, 28(4), 1156-1164. doi:10.3305/nh.2013.28.4.6588
- Lobstein, T., & Brinsden, H. (2019). *Atlas of childhood obesity*. Retrieved from London:
- Manabe, M., Sakaue, R., & Obata, A. (2020). Contribution of the retronasal odor of soy sauce to salt reduction. *Journal of food science*. Vol. 0, Iss. 0. DOI:10.1111/1750-3841.15332
- Masi, C. & Atalah, E. (2008). Análisis de la aceptabilidad, consumo y aporte nutricional del programa alimentario del adulto mayor. *Revista médica de Chile*, 136(4), 415-422. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872008000400001>
- Mattes R. D. (2009). Is there a fatty acid taste?. *Annual review of nutrition*, 29, 305–327. doi: 10.1146/annurev-nutr-080508-141108
- Ministerio de Salud Uruguay. (2017) Manual para la aplicación del decreto nº 272/018 sobre rotulado frontal de alimentos. <https://cutt.ly/oAnF1SG>

MINSAL (2009). Bases técnicas crema años dorados, Gobierno de Chile.
<https://www.minsal.cl/portal/url/item/705653125478ede4e04001011f017c70.pdf>

MINSAL. (2010). *Encuesta Nacional de Salud ENS Chile 2009-2010*. Chile: Ministerio de Salud
Retrieved from <http://172.16.1.100:8080/xmlui/handle/2015/601>

MINSAL (2019). Manual de Etiquetado Nutricional de Alimentos Ministerio de Salud. 2ª Edición, Ministerio de Salud, Santiago, Chile, 2019. https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/07/2019.07.18_MANUAL-DE-ETIQUETADO_ACTUALIZADO-2019.pdf

Nath, B., Arora, S. & Nagaraj, V. (2016). Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: A review. 69. 239-251.

Nasri, N., Beno, N., Septier, C., Salles, C. & Thomas-Danguin T. (2011) Cross-modal interactions between taste and smell: Odour-induced saltiness enhancement depends on salt level Food Quality and Preference, 22, pp. 678-682, 10.1016/j.foodqual.2011.05.001

Niaz, K., Zaplatic. E. & Spoor J. (2018). Extensive use of monosodium glutamate: A threat to public health? EXCLI J. 19;17:273-278. doi: 10.17179/excli2018-1092. PMID: 29743864; PMCID: PMC5938543.

NPR Organization. (2014) The salt. What's on your plate. Why we got fatter during the fat-free food boom. <https://www.npr.org/sections/thesalt/2014/03/28/295332576/why-we-got-fatter-duringthe-fat-free-food-boom>

OECD. (2019). *The heavy burden of obesity: The economics of prevention*. (Acceso, Noviembre 2021)

OECD (2020), Overweight or obese population (indicator). doi: 10.1787/86583552-en . (Acceso, Noviembre 2021)

OECD. (2021). *Health at a glance 2021*. (Acceso, Enero 2022)

OMS (2020). Salt reduction. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction> (Acceso, Diciembre 2021).

OMS. (2021). Obesidad y sobrepeso. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

Onuma, T., Maruyama, H. & Sakai, N. (2018). Enhancement of saltiness perception by monosodium glutamate taste and soy sauce odor: A near-infrared spectroscopy study. *Chemical Senses*, 43, pp. 151-167. DOI: 10.1093/chemse/bjx084

O'Connor T. & O'Brien N. (2022) Fat Replacers. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*, Academic Press Editor(s): Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, pp 555-559. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00302-0>.

Pincheira, I. (2014). Programa gubernamental 'Elige Vivir Sano': Cuerpo, salud y felicidad en Chile durante la presidencia de Sebastián Piñera. In J. C. Oyanedel & C. Mella (Eds.), *Debates sobre el bienestar y la felicidad* (pp. 107-128). Santiago de Chile: Ril Editores.

Pirc, M., Maas, P., De Graaf, K., Lee, H. & Boesveldt, S. (2022). Humans possess the ability to discriminate food fat content solely based on retronasal olfaction. *Food Quality and Preference*. Volume 96, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104449>.

Poly, T. N., Islam, M. M., Yang, H. C., Lin, M. C., Jian, W. S., Hsu, M. H., & Li, Y. C. J. (2021). Obesity and Mortality Among Patients Diagnosed With COVID-19: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Medicine*, 8. doi:10.3389/fmed.2021.620044

Prescott, J. (2012). Chemosensory learning and flavour: Perception, preference and intake. *Physiology & Behavior*, 107 (4), pp. 553-559, 10.1016/j.physbeh.2012.04.008

Prescott, J., Johnstone, V. & Francis, J. (2004). Odor-Taste Interactions: Effects of Attentional Strategies during Exposure. *Chemical senses*. 29. 331-40. 10.1093/chemse/bjh036.

Reglamento sanitario de los alimentos (D.OF. 13.05.97), Decreto N° 977/96 C.F.R. (2019).

Renee D. & Knaapila, A. (2010). Chapter 8 - Genetics of Taste and Smell: Poisons and Pleasures. Editor(s): Claude Bouchard, Progress in Molecular Biology and Translational Science. Academic Press, Volume 94, pp 213-240. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375003-7.00008-X>.

Rodríguez, L., & Pizarro, T. (2018). Ley de Etiquetado y Publicidad de Alimentos: Chile innovando en nutrición pública una vez más. *Revista chilena de pediatría*, 89, 579-581. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062018000500579&nrm=iso

Salinas, J., Cancino, A., Pezoa, S., Salamanca, F., & Soto, M. (2007). The Vida Chile program: results and challenges with health promotion policy in Chile, 1998-2006. *Revista Panamericana De Salud Publica-Pan American Journal of Public Health*, 21(2-3), 136-144. doi:10.1590/s1020-49892007000200008

Salinas, J., Correa, F., & Vio, F. (2013). Marco normativo para promover una alimentación saludable en escuelas básicas de Chile. *Revista chilena de nutrición*, 40(3), 274-282. doi:10.4067/S0717-75182013000300010

Salinas, J., & Vio, F. (2002). Promoción de la salud en Chile. [Health promotion in Chile]. *Revista chilena de nutrición*, 29(suppl 1), 164-173. doi:10.4067/S0717-75182002029100001

Sang-Keun, J., Jin-won, H., Sun Jin, H. & Gap-Don, K. (2018). Quality changes in fat-reduced sausages by partial replacing sodium chloride with other chloride salts during five weeks of refrigeration. *LWT*, Volume 97, pp 818-824. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.004>.

Sapunar, J. (2016). Chilean Epidemiology in Diabetes Mellitus. *Rev. Med. Clin. Condes*, 27(22) 146-151. doi:10.1016/j.rmcl.2016.04.003

Scapini, V., & Vergara, C. (2017). El impacto de la nueva ley de etiquetados de alimentos en la venta de productos en Chile. *Perfiles Económicos*, 0(3), 7-33. doi:10.22370/rpe.2017.3.1218

Seminario virtual “Efectos de la ley de etiquetado a 5 años de su implementación” (2021).
Barahona, N., Girardi, G. y Corvalán C. Centro de Políticas Públicas UC.

Shi, Z., Yuan, B., Taylor, A., Dal Grande, E. & Wittert, G. (2012). Monosodium glutamate intake increases hemoglobin level over 5 years among Chinese adults. *Amino Acids*, 43 (3), pp. 1389-1397, 10.1007/s00726-011-1213-7

Sinding, C., Thibault, H., Hummel, T. & Thomas-Danguin, T. Odor-Induced Saltiness Enhancement: Insights into The Brain Chronometry of Flavor Perception. (2021). *Neuroscience*. Volume 452, pp 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.10.029>

Small, D. & Prescott J. (2005). Odor/taste integration and the perception of flavor *Exp Brain Res*, 166 (3-4), pp. 345-357, 10.1007/s00221-005-2376-9

Solowiej, B., Glibowski, P., Muszynski, S., Wydrych, J., Gawron, A., and Jelinski, T. (2015). The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. *Food Hydrocolloid.*, 44:1-11.

Soto, L. R. A. (2016). Sedentarismo, deporte y la presión biopolítica de vivir saludable: Análisis del discurso del sistema elige vivir sano en Chile. *Movimento*, 22(2), 291-402. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=115345745003>

Stanley, R., Bower, B. & Sullivan, G. (2017). Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties. *Meat Science*, Volume 133, pp 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.021>.

Stavridou, A., Kapsali, E., Panagouli, E., Thirios, A., Polychronis, K., Bacopoulou, F., . . . Tsitsika, A. (2021). Obesity in Children and Adolescents during COVID-19 Pandemic. *Children*, 8(2), 135. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2227-9067/8/2/135>

Stevenson, R. & Boakes, R. (2004). Sweet and sour smells: learned synesthesia between the senses of taste and smell. In G. A. Calvert, C. Spence, & B. E. Stein (Eds.), *The Handbook of multisensory processes* (pp. 69-83). MIT Press.

Su, K., Festring, D., Ayed, C., Yang, Q., Sturrock, C., Linforth, R., Foster, T. & Fisk, I. (2021). Reducing sugar and aroma in a confectionery gel without compromising flavour through addition of air inclusions. *Food Chemistry*, Volume 354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129579>.

Syarifuddin, A., Septier, C., Salles, C. & Thomas-Danguin, T. (2016). Reducing salt and fat while maintaining taste: An approach on a model food system. *Food Quality and Preference*. Volume 48, Part A, pp 59-69, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.009>.

Sylvetsky, A., Hiedacavage¹, A., Shah, N., Pokorney, P., Baldauf, S., Merrigan, K., Smith, V., Long, M., Black, R., Robien, K., Avena, N., Gaine, C., Greenberg, D., Wootan, M., Talegawkar, S., Colon-Ramos, U., Leahy, M., Ohmes, A., Mennella, J., Satchek, J., Dietz, W. (2019). "From Biology to Behavior: A Cross-Disciplinary Seminar Series Surrounding Added Sugar and Low-Calorie Sweetener Consumption." *Obesity Science and Practice* 5(3): 203–19.

Tian, S. M., Liu, Y. Z., Feng, A., Lou, K. L., & Dong, H. M. (2019). Metabolically healthy obesity and risk of cardiovascular disease, cancer, and all-cause and cause-specific mortality: a protocol for a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Bmj Open*, 9(10). doi:10.1136/bmjopen-2019-032742

Tomaska, L. & Brooke-Taylor S. (2014). *Food Additives: Food Additives – General*, Editor(s): Yasmine Motarjemi, *Encyclopedia of Food Safety*, Academic Press, pp 449-454, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00234-1>.

Torres, R. (2020). Ciclamato, Legislación Comparada. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fobtienearchivo.bcn.cl%2Fobtienearchivo%3Fid%3Drepositorio%2F10221%2F28206%2F1%2FCiclamato._Legislacion_comparada.pdf&chunk=true

Valdés S. & Ruiz Ma. De los Ángeles (2009). Edulcorantes en alimentos: aplicaciones y normativas. <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/13134-edulcorantes-alimentos-aplicaciones-y-normativas>

Velázquez, A., Vidal, L., Varela, P. & Ares, G. (2020). Cross-modal interactions as a strategy for sugar reduction in products targeted at children: Case study with vanilla milk desserts. *Food Res Apr*;130:108920. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108920. Epub 2019 Dec 18. PMID: 32156373.

Villegas, T. & Flores, G. (2014). Posibles riesgos para la salud debido al consumo de aspartame. *Enfoque UTE*, 5(2), 1-13. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v5n2.36>

Vio, F., & Salinas, J. (2006). Promoción de salud y calidad de vida en Chile: Una política con nuevos desafíos. *Revista chilena de nutrición*, 33(1). doi:10.4067/S0717-75182006000300006

Vio F. (2008) Prevention of childhood obesity I: current situation in Chile. *Medwave* (1):e1100 doi: 10.5867/medwave.2008.01.1100

Vio, F., Zacarías, I., Lera, L., Benavides, M. C., & Gutiérrez, A. M. (2011). Prevención de la obesidad en escuelas básicas de Peñalolén: Componente alimentación y nutrición. [Obesity prevention in primary schools in Penalolen: food and nutrition component]. *Revista chilena de nutrición*, 38(3), 268-276. doi:10.4067/S0717-75182011000300002

Vio, F. (2017) “¿Cómo nos alimentamos y cómo afecta nuestra salud?”. Material del curso "De la desnutrición a la obesidad: un problema de alimentación" impartido en UAbierta, Universidad de Chile.

Wang, S. & Adhikari, K. (2018). Consumer perceptions and other influencing factors about monosodium glutamate in the United States. *Journal of Sensory Studies*, 33 (4). DOI:10.1111/joss.12437

Wang, G., Hayes, J., Ziegler, G., Roberts, R. & Hopfer, H. (2018). Dose-Response Relationships for Vanilla Flavor and Sucrose in Skim Milk: Evidence of Synergy. *Beverages*. 4. 73. 10.3390/beverages4040073.

Wang, Q., Mielby, L., Thybo, A., Bertelsen, A., Kidmose, U., Spence, C. & Byrne, D. (2019). Sweeter together? Assessing the combined influence of product-related and contextual factors on perceived sweetness of fruit beverages. *Journal of Sensory Studies*. DOI: 10.1111/joss.12492

Wang, G., Bakke, A., Hayes, J. & Hopfer, H. (2019). Demonstrating cross-modal enhancement in a real food with a modified ABX test. *Food Quality and Preference*, Volume 77, pp 206-213. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.007>.

World Obesity, Atlas of Childhood Obesity (2019) p. 7.

Yebra, M (2005). Sweeteners. In book: *Encyclopedia of Analytical Science* (pp.562-572) DOI:10.1016/B0-12-369397-7/00610-5

Zhou, X., Shen, Y., Parker, J., Kennedy, O. & Methven, L. (2016). Relative Effects of Sensory Modalities and Importance of Fatty Acid Sensitivity on Fat Perception in a Real Food Model. *Chemosensory Perception*. 9. 10.1007/s12078-016-9211-5.

Zhou, T., Feng, Y., Thomas-Danguin, T. & Zhao, M. (2021). Enhancement of saltiness perception by odorants selected from Chinese soy sauce: A gas chromatography/olfactometry-associated taste study. *Food Chemistry*. Volume 335, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127664>.

8. ANEXOS

Anexo 1: Composición detallada y características reológicas de los quesos modelo, Fuente Syarifuddin *et al.*, 2016

Table 1
Detailed composition and rheological characteristics of the model cheeses.

	F1S1P1	F1S1P2	F1S2P1	F1S2P2	F2S1P1	F2S1P2	F2S2P1	F2S2P2
DM (g/kg)	300	300	300	300	300	300	300	300
Fat/DM (%)	20	20	20	20	40	40	40	40
Salt (%)	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5
pH	5.0	6.2	5.0	6.2	5.0	6.2	5.0	6.2
Water (g)	450	450	450	450	450	450	450	450
AMF (g)	60	60	60	60	120	120	120	120
Milk powder (g)	32.6	34.9	31.5	33.8	24.2	25.9	23.1	24.8
NaCl (g)	3.7	3.7	11.2	11.2	3.7	3.7	11.2	11.2
NCPP (g)	184.8	198.2	178.5	191.8	137.1	147.2	130.6	140.8
GDL (g)	18.7	3	18.7	3	15	3	15	3
σ_f (kPa)	35.8 (2.2)	72.7 (4.7)	29.1 (1.6)	62.7 (2.9)	33.5 (1.3)	44.7 (4.2)	26.4 (1.0)	35.6 (2.4)
ϵ_f	0.227 (0.014)	0.189 (0.007)	0.216 (0.017)	0.193 (0.007)	0.215 (0.008)	0.248 (0.038)	0.205 (0.009)	0.263 (0.036)
MD (kPa)	172.2 (17.1)	391.8 (29.3)	150.9 (16.0)	331.2 (19.0)	158.6 (8.3)	225.6 (32.4)	130.8 (5.6)	166.7 (20.6)
Wf (kJ m^{-3})	9.3 (1.8)	29.5 (3.5)	9.9 (1.4)	22.7 (2.7)	14.7 (0.8)	13.0 (2.9)	10.0 (0.7)	9.9 (2.1)

DM: dry matter; AMF: anhydrous milk fat; GDL: glucono-delta-lactone.
 σ_f : fracture stress; ϵ_f : strain stress; MD: modulus of deformability; Wf: work to fracture.
 The standard errors of the rheological mean values ($N = 5$) are indicated between brackets.