

Cereales integrales como fuente de compuestos bioactivos con efectos fisiológicos subestimados

Whole-grain cereals as a source of bioactive compounds with underestimated physiological effects

Cammarata González¹, Martínez Lopera², Francisco Johan³

¹Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

²Faculty of Medicine, University of Cuenca, Ecuador

³Facultad de Ciencias Clínicas, Universidad Central del Ecuador, Ecuador

Resumen

Cada vez hay más pruebas de que los productos de cereales integrales protegen contra el desarrollo de enfermedades crónicas. Los más importantes en términos de salud pública son la obesidad, el síndrome metabólico, la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y los cánceres.

Palabras clave: enfermedades crónicas, obesidad, síndrome metabólico, diabetes tipo 2, cánceres.

Abstract

There is growing evidence that whole-grain cereal products protect against the development of chronic diseases. The most important of these in terms of public health are obesity, the metabolic syndrome, type 2 diabetes, CVD and cancers.

Key words: chronic diseases, obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, cancers

1. Introducción

Cada vez hay más pruebas de que los productos de cereales integrales protegen contra el desarrollo de enfermedades crónicas. Los más importantes de estos en términos de salud pública son la obesidad, el síndrome metabólico, la diabetes tipo 2, CVD (7) y los cánceres. El consumo de cereales integrales también se ha demostrado que protege contra la mortalidad, ya que se mostró con muerte relacionada con la inflamación (es decir, no cardiovascular y enfermedades inflamatorias no cancerosas como, por ejemplo, enfermedades del sistema respiratorio) y con el cáncer y ECV[1]. Estas conclusiones son apoyadas por los efectos del consumo de productos de cereales refinados (pan, pasta y arroz), ya que estos se han asociado con un mayor riesgo de tracto digestivo, faringe, laringe y tiroides y cánceres en los italianos del norte. Sin embargo, una asociación entre un menor riesgo de desarrollar una enfermedad crónica y un alto consumo de cereales integrales no significa un consumo directo relación causal y no proporciona información sobre los mecanismos fisiológicos involucrados[2].

Estas enfermedades metabólicas están relacionadas con nuestro estilo de vida diario, notablemente una dieta rica en energía desequilibrada que carece de fibra y compuestos bioactivos protectores como micronutrientes y fitoquímicos. Hoy, se acuerda adelantar que esta es la acción sinérgica de los compuestos, principalmente contenidos en las fracciones de salvado y germen de cereales, que es protectora[3]. Algunos mecanismos específicos son hoy bien reconocidos. Por ejemplo, la estructura de los alimentos influye en la saciedad y la lentitud de liberación de azúcares recomendada para la diabetes tipo 2. Dietético la fibra mejora la salud intestinal y el antioxidante y antiinflamatorio. Las propiedades de la mayoría de los fitoquímicos pueden ayudar a prevenir el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, la precisión fisiológica de los mecanismos involucrados está aún lejos de ser aclarados[4].

Los principales cereales integrales consumidos en todo el mundo son trigo, arroz y maíz, seguido de avena, centeno, cebada, triticale, mijo y sorgo. Trigo integral, que es el enfoque de la presente revisión, se compone de 10-14% salvado, 2-5-3-0% de germen y 80-85% de endospermo, dependiendo sobre la intensidad del proceso de molienda. El bioactivo los compuestos están distribuidos de manera desigual dentro de estas partes, y esta distribución también varía según el tipo de cereal considerado[5]. Los cereales integrales son ricas fuentes de fibra y compuestos bioactivos. Por ejemplo, el trigo integral contiene aproximadamente 13% de fibra dietética y al menos 2%

de compuestos bioactivos distintos de la fibra que representa al menos el 15% del grano entero. En las fracciones de salvado y germen, aún mayores proporciones son alcanzadas: aproximadamente 45 y 18% de fibra dietética, y aproximadamente 7% y al menos 6% de compuestos bioactivos, respectivamente; que representa aproximadamente el 52% y al menos el 24% de estas fracciones. Estas proporciones obviamente dependen del cereal tipo. Por lo tanto, es fácil entender que el cereal refinado los productos que carecen de las fracciones de salvado y germen han perdido más de sus compuestos protectores. Por ejemplo, refinando granos integrales el trigo puede conducir a la pérdida de alrededor del 58% de fibra, 83% de Mg, 79% de Zn, 92% de Se, 70% de ácido nicotínico, 61% de folatos y 79% de vitamina E[6].

Sin embargo, la naturaleza exacta de la fisiología positiva los efectos ejercidos por los productos de cereales integrales permanecen sin resolver debido a la gran cantidad de fitoquímicos y efectos biológicos involucrados. Lo más significativo de ellos en trigo, además de fibra, son grasos n-3 ácidos, aminoácidos azufrados, oligosacáridos (estaquiosa, rafinosa y fructanos), lignina, minerales, oligoelementos, vitaminas B y E, carotenoides, polifenoles (especialmente ácidos fenólicos como el ácido ferúlico y pequeñas cantidades de flavonoides y lignanos), alquilresorcinoles, ácido fólico, betaína, compuestos que contienen colina total, inositoles, fitosteroles, policosanol y melatonina. Cada uno de estos compuestos tiene numerosas funciones fisiológicas y reconocidos beneficios para la salud. Mientras estudio cada compuesto por separado, el enfoque principal utilizado hasta la fecha, bien puede ser inevitable, también implica un riesgo considerable[7]. Esto se debe a que ignora dos factores importantes. Uno es la importancia de la sinergia entre las acciones de los compuestos que están más caracterizados y es más difícil de evaluar que la acción biológica de un compuesto aislado. El segundo es la importancia de la matriz de cereal y su influencia en la accesibilidad de compuestos en el aparato digestivo tracto y por lo tanto en su disponibilidad dentro del organismo. De hecho, a menudo se sabe poco de la biodisponibilidad de muchos compuestos bioactivos derivados de productos complejos de cereales. Por lo tanto, la cantidad de un compuesto particular en los cereales integrales rara vez es la misma que la cantidad disponible para ejercer una acción fisiológica dada, en contraste con el resultado de consumir el compuesto libre[8].

Puede haber muchos mecanismos fisiológicos protectores asociados con el consumo de cereales integrales debido a El alto número de compuestos protectores. Pueden ser mecánica dentro del tracto digestivo (la fibra insoluble puede aumentar el tiempo de tránsito y el volumen fecal), hormonal (Zn, Se y ácido nicotínico que participa en la activación hormonal y síntesis), antioxidante (casi todos los micronutrientes), antiinflamatorio (por ejemplo, ácido n-3 a-linolénico, Cu y ácido ferúlico), anticancerígeno (casi todos los micronutrientes), o vinculado a la regulación génica (por ejemplo, flavonoides), células señalización (por ejemplo, polifenoles y estado redox), metabolismo energético (por ejemplo, las vitaminas del complejo B) y efectos sobre las enzimas (por ejemplo, algunos minerales y oligoelementos)[9].

El objetivo principal del presente trabajo es proponer nuevas hipótesis para explorar los mecanismos detrás de las acciones protectoras de cereales integrales que utilizan trigo como el ejemplo principal. Por lo tanto, he enumerado exhaustivamente todos los compuestos bioactivos en el trigo integral y en las dos fracciones que generalmente se eliminan durante el refinado: salvado y germen[10]. También he enumerado su contenido (rango) en trigo, su biodisponibilidad cuando se obtiene de granos integrales complejos productos de trigo, sus posibles efectos fisiológicos y los resultados de salud resultantes, con especial atención a algunos compuestos que son específicos de los cereales que no sean trigo. Las nuevas hipótesis propuestas se basan en la acción de compuestos que son todos bioactivos cuando se prueban solos en su forma libre, como las vitaminas B, lignina, ácido fólico, betaína, compuestos que contienen colina, inositoles, policosanol, melatonina, ácido para-aminobenzoico, aminoácidos azufrados, Ácido a-linolénico, fitosteroles y algunos oligosacáridos[11].

Primero, defino el término "productos de cereales integrales" y luego examino los mecanismos actualmente aceptados para explicando el papel desempeñado por los cereales integrales en prevención de enfermedades crónicas, según lo identificado por estudios sobre sujetos humanos (por ejemplo, la importancia de la comida estructura y antioxidantes), en ratas (por ejemplo, el anticancerígeno propiedad de muchos fitoquímicos) e in vitro (mecanismos asociados a células). Luego discuto mi nueva hipótesis que se basan en hallazgos recientes y en los posibles efectos fisiológicos del cereal integral compuestos[12]. Desarrollo una visión más amplia de lo conocido. hipótesis antioxidante que tiene en cuenta las acciones de polifenoles en señalización celular y regulación génica en relación con el estado redox. Reviso publicaciones recientes que también han revelado el gran potencial de la nutrigenómica enfoque para ampliar nuestro conocimiento de la protección mecanismos asociados con alimentos complejos.

Finalmente, Repaso brevemente las formas en que la calidad nutricional de los productos de cereales pueden mejorarse para preservar de manera óptima Las propiedades protectoras de los cereales integrales.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC) dio la siguiente definición científica y botánica en 1999: 'Los granos integrales consistirán en los intactos, molidos, Cariopsis agrietada o en escamas, cuyos principales componentes anatómicos (el endospermo almidonado, el germen y el salvado) son presente en las mismas proporciones relativas que existen en el cariopsis intacta ". La definición dada por el todo El Consejo de Granos en mayo de 2004 incluye alimentos procesados productos: 'Los granos integrales o los alimentos elaborados a partir de ellos contienen todo Las partes esenciales y nutrientes naturales de la semilla de grano entero. Si el grano ha sido procesado (p. Ej. agrietado, aplastado, enrollado, extruido y / o cocido), la comida el producto debe entregar aproximadamente el mismo balance rico de nutrientes que se encuentran en la semilla de grano original ". los La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos publicó un borrador Orientación sobre declaraciones de etiquetas de grano entero en 2006 que adoptó la definición internacional AACC e incluyó amaranto, cebada, trigo sarraceno, bulgur, maíz (incluido palomitas de maíz), mijo, quinua, arroz, centeno, avena, sorgo, teff, triticale, trigo y arroz salvaje; cebada perlada no estaba incluida porque algunas capas externas de la fracción de salvado son eliminado . Pseudocereales como el amaranto, el trigo sarraceno y la quinua tienen composiciones similares de macronutrientes (carbohidratos, proteínas y lípidos), y se utilizan en el mismas formas tradicionales que los cereales[13]. La respuesta a los Estados Unidos Proyecto de orientación de la Administración de Alimentos y Medicamentos de la AACC Internacional recomendó que algunos cereales tradicionales como 'cebada ligeramente perlada, grano (trigo ligeramente perlado), maíz y bulgur nixtimalizados que han sido mínimamente procesados también se clasifican como granos enteros ", haciendo margen para pequeñas pérdidas de componentes que ocurren a través de procesamiento tradicional La Fuerza de Tarea de Granos Enteros declarada en 2008 que 'apoya el uso del término grano entero para productos de operaciones de molienda que dividen el grano en germen, salvado y endospermo, pero luego recombinan las partes en su proporciones originales antes de que la harina salga del molino ". Sin embargo, como explicaré más adelante, la mayoría de los productos definidos como alimentos integrales en estudios que muestran los beneficios para la salud de los cereales integrales están hechos de granos integrales recombinados harinas , que rara vez contienen las mismas proporciones de salvado, germen y endospermo como grano intacto antes de la molienda. Así la fracción germinal casi siempre se elimina porque es alta El contenido de lípidos (aproximadamente el 9%) puede volverse rancio tras el almacenamiento[14] .

2. Metodología

El procesamiento de cereales integrales también conduce a pérdidas de compuestos bioactivos para que realmente no puedan entregar 'aproximadamente el mismo rico equilibrio de nutrientes que se encuentran en el semilla de grano original ". Por lo tanto, si los investigadores se hubieran referido estrictamente a las definiciones dadas anteriormente, pocos estudios podrían tener concluyó que los cereales integrales protegen a los humanos salud. Por lo tanto, se han propuesto definiciones alternativas por la Fuerza de Tarea Whole Grain en la cual 'como existen en el cariopsis intacta "en la definición de AACC se reemplaza por" como encontrado en las formas tradicionales menos procesadas de comestibles granos de grano "o completados agregando" como existen en el cariopsis intacta en la medida de lo posible por los mejores modernos tecnología de fresado "[15]. Esta última definición es probablemente la mejor adaptado a nuestras tecnologías del país occidental. Pero ninguno de estas definiciones alternativas se ha adoptado hasta la fecha y todavía no existe una definición internacional oficial de grano entero productos de cereales en Europa.

Finalmente, la proporción de granos enteros que deben estar presentes. en un producto de cereal debe definirse para que se considere un producto de grano entero. El tema aún se debate. los definición dada por la American Food and Drug La administración en 1999 fue: 'Para propósitos de soportar El posible reclamo, la notificación define 'grano entero alimentos "como alimentos que contienen 51 por ciento del peso total o más ingrediente (s) de grano entero en peso "(extracto). Esta definición fue debatida y disputada por los europeos Grupo de Trabajo de Granos Enteros en 2008. Explicaron que: 'El uso del peso total da ventaja a los productos vendidos en seco peso como galletas saladas y cereales listos para comer. Porque los alimentos como el pan tienen un contenido de agua proporcionalmente alto, incluso algunos panes hechos con todas las harinas integrales pero que contiene cantidades significativas de nueces, semillas y frutas no cumplir á con la regla del 51% en peso ". Aparentemente, todavía no hay consenso internacional sobre la derecha proporción de grano entero en peso seco (DW) en un producto para que pueda llamarse un producto integral[16]. Cada El país tiene su propia definición y normas. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones y estudios observacionales, particularmente aquellos en cereales para el desayuno, calcule la ingesta de granos integrales de productos que contienen al menos 25% de granos enteros o salvado por peso. Por lo

tanto, un estudio en individuos jóvenes de edad 4–18 años encontraron que usar una definición basada en 51% subestimó la ingesta de granos integrales en un 28%, desayuno cereales (56%) y pan (25%) son las principales fuentes de cereales integrales. En otro estudio sobre adiposidad entre dos cohortes de adultos británicos, el mismo equipo de investigación asumió que los alimentos integrales contienen $\geq 10\%$ entero granos y encontraron poca o ninguna asociación entre el grano entero ingesta e índices antropométricos. Esta sugerencia que el umbral del 10% es probablemente demasiado bajo y enfatiza la necesidad de armonizar cómo el grano integral se calcula la ingesta de alimentos de cereales. En estos estudios, generalmente llevado a cabo en países occidentales, cereales integrales se consideran, para los más citados, panes integrales (para ejemplo, pan oscuro, integral, integral y de centeno), integral cereales para el desayuno (por ejemplo, muesli), palomitas de maíz, gachas cocidas (avena o trigo integral), germen de trigo, arroz integral, salvado, granos cocidos (por ejemplo, trigo, mijo y trigo sarraceno tostado) y otros alimentos a base de granos como bulgur y cuscús. Una lista completa de ingredientes alimenticios clasificado como granos enteros en el Departamento de EE. UU. Se informa la base de datos de porciones piramidales de la agricultura (USDA) por Cleveland Alimentos de granos refinados en general incluyen panes blancos (por ejemplo, baguette francés), dulces panecillos, fideos, pastas, pasteles, galletas, viennoiseries, muffins, cereales de desayuno de grano refinado, arroz blanco, panqueques, waffles y pizza[17].

Hay muchos menos productos de cereales integrales en el mercado que hay productos refinados, al menos en occidente países. Las principales fuentes de cereales integrales son panes, cereales para el desayuno y cereales integrales consumidos como tal (por ejemplo, arroz integral o granos integrales de cocción rápida) cebada y trigo). Los datos epidemiológicos muestran que el consumo de dos o tres porciones de cereal integral por día es suficiente para obtener efectos beneficiosos para la salud. El consumo recomendado de productos de cereales integrales difiere de un país a otro, pero la mayoría recomienda aumento del consumo de cereales integrales. Por ejemplo, se recomiendan al menos tres porciones diarias en los Estados Unidos, es decir, aproximadamente 48 g de cereales integrales; Se recomiendan entre seis y doce porciones diarias en Australia y cuatro porciones diarias en Dinamarca[18].

Otros países como Canadá Reino Unido, Grecia, Alemania, Austria y Suiza no son tan precisos y generalmente recomendar un aumento en el consumo de cereales con énfasis en productos integrales. Encuestas realizadas en los Estados Unidos y el Reino Unido mostraron que la mayoría de las personas consume menos de una porción por día y alrededor del 30%, y que solo 0.8 a 8% de los encuestados en los Estados Unidos consumieron las tres porciones recomendadas por día. La situación es bastante diferente en los países escandinavos, donde las personas consumen más productos de cereales integrales, particularmente a base de centeno. Por ejemplo, los noruegos consumen se estima que cuatro veces más productos integrales que los estadounidenses, pero menos que los finlandeses, el 40% de quien puede consumir cuatro o más rebanadas de pan oscuro por día. ¿Por qué el consumo es tan bajo en otros países occidentales? ¿países? Probablemente hay varias razones. Primero, a diferencia de frutas y verduras, las personas no saben sobre el beneficios de los cereales integrales. Segundo, individuos tienden a pensar que los productos de cereales integrales no son muy sabroso. Y tercero, los productos de cereales integrales son menos común y muchos son difíciles de identificar como integrales (problema de etiquetado). Por último, el tiempo y el dinero tienen ha sido citado como obstáculo para comer de manera más nutritiva [19].

Los términos "integral" y "integral" se usan principalmente sinónimo. Generalmente se cree que el grano entero los productos están hechos con harina integral y pueden secundariamente también contienen granos intactos. Pero la forma en que el grano se incorpora a los alimentos, intacto o molido, es nutricionalmente significativo. Por lo tanto, "integral" (hecho de molido harina integral) y "grano integral" (hecho con granos de cereales) los panes tienen diferentes efectos en posprandial glicemia. Los panes integrales producen una cantidad significativa menor respuesta glucémica que los panes integrales. Esto subraya la importancia de la estructura alimentaria en fisiología. Por lo tanto, para mayor claridad, el término "grano entero" debería ser utilizado para productos de cereales que contienen más o menos intactos granos de cereales y "integral" para productos de cereales hechos de harina más o menos refinada, en la cual salvado, germen y el endospermo se separa primero y luego se vuelve a ensamblar en proporciones que rara vez corresponden a las de los granos intactos, ya que la fracción germinal generalmente se elimina.

Los mecanismos subyacentes a los beneficios para la salud de los cereales integrales. los cereales son indudablemente multifactoriales. Un reciente estudio transversal sobre 938 hombres y mujeres sanos mostró que un mayor consumo de granos enteros, salvado y germen se asoció con una disminución significativa en plasma homocisteína (hiperhomocisteinemia es un factor de riesgo para CVD) y de algunos marcadores de control de

glucosa en sangre, inflamación y estado lipídico. Otros estudios han vinculado El consumo de dietas altas en granos integrales con mejora IMC y sensibilidad a la insulina, concentraciones más bajas de suero TAG, marcadores de colesterol total y LDL e inflamación, y enterolactona plasmática o sérica superior. Excepto para la enterolactona, para la cual los niveles séricos altos están asociados con un riesgo reducido de ECV, todos los otros biomarcadores, cuando está fuera de un rango saludable normal, son todos factores de riesgo asociado con el desarrollo de diabetes y ECV. Hay el mismo tipo de asociación negativa significativa entre el consumo de granos integrales y el riesgo de digestión cáncer. Otros mecanismos están involucrados en esto, incluyendo la capacidad de varios compuestos integrales para suprimir el crecimiento tumoral. La siguiente sección describe Los principales mecanismos conocidos por los cuales los cereales integrales Ayuda a proteger el intestino y a prevenir el desarrollo de la obesidad, diabetes, ECV y cánceres.[20]

La estructura de los alimentos ha sido reconocida durante mucho tiempo como un parámetro importante que rige el beneficio para la salud de los cereales integrales Productos de cereales. El primer estudio se realizó en 1977. por Haber et al. sobre la influencia de la estructura de la manzana (intacta manzanas v. apple pure é v. jugo de manzana sin fibra) en saciedad, glucosa plasmática e insulina sérica. La eliminación de fibra y / o la interrupción de la estructura física de los alimentos fue acompañado de saciedad reducida, homeostasis de glucosa alterada y una respuesta inadecuada de insulina. Casi 10 años después, se demostró que simplemente tragando Alimentos ricos en carbohidratos (arroz, manzana, papa y maíz dulce) sin masticar fue suficiente para disminuir significativamente glucemia posprandial. Esta era la forma más simple de enfatizar la importancia de la estructura de los alimentos (masticar v. no masticar) en la digestión. Entonces, Jenkins et al. estudió el efectos de panes integrales y integrales y mostró que el índice glucémico (IG) de los panes integrales (trigo o a base de harina de cebada) sin granos intactos fue lo mismo que el del pan blanco hecho de harina refinada, y que aumentar el grano de cebada intacto o el grano de trigo partido El contenido del pan (50 y 75%) resultó en un significativo gran disminución en el IG de 92-96 a 39. Por lo tanto, un estructura botánica intacta de los alimentos es más importante que la composición de los alimentos (la presencia de fibra en la harina integral pan y ausencia de pan blanco) para influir respuestas fisiológicas como las relacionadas con la saciedad y metabolismo de la glucosa Muchos estudios posteriores han confirmado estos resultados, enfatizando la importancia de preservar red fibrosa inicial natural, particularmente en más o menos granos de trigo, cebada, centeno y avena intactos.

La fibra dietética se define por la AACC como 'las partes comestibles de plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a digestión y absorción en el intestino delgado humano con Fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas. Promueve efectos fisiológicos beneficiosos que incluyen laxación y / o atenuación de colesterol en sangre y / o atenuación de glucosa en sangre ") Esta definición incluye esa fracción de almidón no digerido en el intestino delgado, almidón resistente (RS). Grano integral el trigo puede contener de 9 a 17 g de fibra total por 100 g porción comestible, que es más que en la mayoría verduras (generalmente, 6 g / 100 g de porción comestible). Así El consumo de productos de cereales integrales es, sin duda, una buena forma de aumentar la ingesta de fibra de 10 a 15 g / día. comido por la mayoría de las poblaciones occidentales a la recomendada nivel de aproximadamente 30–35 g / d.

El trigo es relativamente pobre en fibra soluble. Ha sido encontrado que la proporción de fibra soluble: insoluble es de aproximadamente 1: 5 para granos integrales trigo, 1:10 para salvado de trigo y 1: 3 para germen de trigo. El trigo integral por lo tanto proporciona grandes cantidades de fibra insoluble (hasta 11 g / 100 g) y RS (hasta 22% para ciertas variedades de cebada con alto contenido de amilosa). Cereal Ahora se reconoce que la fibra es beneficiosa para la salud intestinal. El trigo tiene una gran diversidad de carbohidratos fermentables. Excepto por la lignina, cuyos beneficios nutricionales no son realmente conocidos, todos los tipos de compuestos de fibra, incluidos los solubles y fibra insoluble, oligosacáridos y RS, tienen importantes propiedades fisiológicas y proporcionan una salud significativa beneficios. Por ejemplo, la fibra soluble aumenta la viscosidad, que retrasa el vaciado gástrico y limita la difusión de glucosa hacia los enterocitos para la absorción. Esto lleva a una baja respuesta de glucosa cuando se ingieren cantidades suficientes.

Las fibras de cereales también aumentan la saciedad y ayudan a controlar el cuerpo. peso. Los mecanismos por los cuales la fibra dietética positivamente afectar el peso corporal se han descrito previamente: brevemente, implican efectos hormonales a través de la reducción de la insulina secreción, efectos metabólicos a través del aumento de la oxidación de grasas y disminución del almacenamiento de grasa debido a una mayor saciedad y colon efectos a través de la producción de SCFA. Por lo tanto, el consumo de fibra altamente viscosa como los b-glucanos, que se

encuentran principalmente en cebada y avena, ahora se recomienda para el manejo de homeostasis de glucosa en sujetos con diabetes tipo 2. Soluble También se ha demostrado que la fibra reduce la colesterolemia en sujetos de ileostomía probablemente favoreciendo un aumento en excreción de ácidos biliares como se muestra en ileostomas después de avena Consumo de β-glucanos. Aumento de la excreción de ácidos biliares. estimula la síntesis de ácidos biliares a partir del colesterol sérico, por lo que reducción de la colesterolemia .

La fermentación de fibra y RS dentro del colon. produce SCFA que están asociados con un menor riesgo de cáncer, que favorece el desarrollo de un colon sano microbiota (es decir, efecto prebiótico). Estos SCFA también reducir la proliferación de líneas celulares de cáncer de colon humano in vitro. Se sabe que RS produce grandes cantidades de butirato. El aumento de la producción de butirato por ratas alimentadas el salvado de trigo se asocia negativamente con la proliferación de células de la cripta del colon que participan en el desarrollo de cáncer colorrectal. RS también aumenta significativamente la grasa oxidación en humanos, probablemente por aumento de SCFA producción que inhibe la glucólisis en el hígado, por lo que depende más del acetyl CoA derivado de la grasa como combustible, esto efecto asociado con una disminución concomitante en oxidación de carbohidratos y almacenamiento de grasas.

Por el contrario, la fibra insoluble, que se fermenta poco en el colon, favorece un mayor tiempo de tránsito y mayor abultamiento fecal, dos parámetros que probablemente eviten cáncer de colon al diluir carcinógenos y reducir su tiempo en contacto con células epiteliales. La fermentación de parte de la fibra también aumenta la absorción de minerales en las ratas, principalmente aumentando el área de superficie disponible para absorción (hipertrofia de células epiteliales) y / o favoreciendo mejor hidrólisis de ácido fítico mediante fermentación mejorada, como se mostró con RS e inulina (un tipo de fructano compuesto).

Los cereales integrales son un importante producto indirecto. fuente de butirato, producido notablemente a través de la fermentación RS (sesenta y cinco). El butirato tiene propiedades para prevenir el cáncer en ratas por induciendo apoptosis o reduciendo la masa tumoral. Pero es la acción fisiológica positiva puede no estar restringida a estos Dos efectos. Los mecanismos precisos involucrados en el anticolon el efecto del cáncer de butirato ha sido revisado de in vitro, estudios en animales y humanos y principalmente incluyen una combinación de varias modificaciones fisiológicas en relación con la inhibición anormal del crecimiento celular, sistema inmune estimulación y modulación de la reparación y síntesis de ADN. El butirato también podrá proteger contra los senos y la próstata cánceres, como lo demuestran los estudios in vitro en mamaria y próstata líneas celulares de cáncer. El contenido de RS de los cereales integrales. los productos de cereales dependen de la proporción de diferentes tipos de RS: RS1 que es físicamente inaccesible a α-amilasa, RS2, que es gránulos de almidón crudo, y RS3 que es amilosa recristalizada / retrogradada que se forma cuando la comida cocinada se enfría. Por lo tanto, es difícil de obtener datos precisos sobre el contenido de RS del cereal integral productos, pero algunos productos se enriquecen en RS seleccionando variedades de cereales con alto contenido de amilosa. Sin embargo, los productos que contienen granos enteros o hechos de cereales con alto contenido de amilosa las variedades tendrán contenidos de RS proporcionalmente más altos y producir más butirato, como se mostró en sujetos humanos alimentados varios panes, cereales para el desayuno y galletas saladas. Grano integral productos de cereales con una estructura botánica intacta, que está con núcleos intactos, tendrán mayor contenido RS1, ya que es inaccesible para la producción de α-amilasa y butirato. los relación entre el consumo de granos integrales cereales y / o sus fracciones de salvado y germen, butirato la producción y los efectos a largo plazo en la salud merecen ser estudiado más a fondo en sujetos humanos, particularmente debido a los efectos en las ratas de butirato sobre la oxidación de grasas y de la producción total de SCFA en la síntesis de colesterol reducción.

El "efecto de la segunda comida" se caracteriza por una mejora tolerancia a los carbohidratos en una comida (ya sea almuerzo o desayuno, llamada la "segunda comida") aproximadamente 4–5 o 10–12 h después de la consumo de una comida con IG bajo (es decir, la "primera comida"), un efecto que puede contribuir al metabolismo a largo plazo beneficios de las dietas de bajo IG. Fue descrito por primera vez por Jenkins et al. quien usó goma guar viscosa, y de ahí en adelante para Alimentos con carbohidratos GI como las lentejas . Recientemente, Se han propuesto mecanismos para explicar el sostenido efecto positivo de los productos integrales de bajo IG compuestos de granos de cebada o centeno intactos consumidos en la cena o el desayuno sobre la respuesta glucémica en la siguiente comida, desayuno o almuerzo.

Los mecanismos fisiológicos involucrados parecen diferir según el intervalo entre las dos comidas, cena hasta desayuno (aproximadamente 10–12 h) o desayuno para almorzar (aproximadamente 4–5 h). El período más corto

parece ser suficiente para Característica de bajo IG del producto de cereal consumido en el desayuno para reducir la respuesta de glucosa en el almuerzo, probablemente por mejorando la regulación del azúcar en la sangre y la sensibilidad a la insulina.

El intervalo más largo entre la cena y el desayuno involucrado la fermentación de carbohidratos no digeribles en el colon, NEFA plasmática reducida y metabolismo de la glucosa modificado. Esto indica que la presencia de fibra dietética específica (soluble o insoluble o RS) en granos de cebada hervida es más significativo en este "efecto de segunda comida" que su bajo IG.

SCFA producido durante la fermentación de fibra en el el colon podrá estar particularmente involucrado a través de al menos tres procesos potenciales: una posible disminución de la gástrica tasa de vaciado por SCFA según lo revisado en ratas y humanos, notablemente a través de un mayor nivel del polipéptido YY en sangre por SCFA, que puede conducir a una tasa reducida de glucosa entrada en el torrente sanguíneo; la capacidad de propionato y acetato para reducir el NEFA sérico en humanos, circulando ácidos grasos capaces de inducir periféricos y hepáticos resistencia a la insulina en humanos; y, finalmente, lo posible acción específica del propionato sobre el metabolismo de la glucosa por aumentando la glucólisis hepática y disminuyendo la hepática producción de glucosa como se muestra en hepatocitos de rata aislados.

Un estudio posterior en sujetos sanos confirmó que el bajo Característica GI de los productos consumidos en la cena no estaba per se involucrado en la respuesta mejorada de glucosa en desayuno, y que la menor concentración plasmática de NEFA combinado con el alto contenido de propionato de plasma (de fermentación en el colon) contribuyó a la noche a la mañana beneficios en términos de tolerancia a la glucosa. La cantidad y calidad de los carbohidratos no digeribles (por ejemplo, fibra de cebada y RS) son los más importantes. También hay un importante relación entre el metabolismo microbiano intestinal y resistencia a la insulina.

Estos resultados sugieren que la influencia de los carbohidratos en tolerancia a la glucosa durante un tiempo más largo (semi-agudo) es óptimo cuando se preserva la estructura de los alimentos (es decir, un IG bajo característica) y el contenido de RS y / o fibra es alto (es decir producción de SCFA específica). Comer granos de cebada o centeno para el desayuno resultó en una posprandial acumulativa más baja Aumento de la glucosa en sangre después del desayuno, almuerzo y cena. (un total de 9,5 h) que un desayuno de trigo blanco pan. Desde un punto de vista tecnológico, la cantidad y la calidad de los carbohidratos no digeribles es por lo tanto particularmente importante, además de preservar un estructura botánica de alimentos menos intacta, para un mejor control de metabolismo de la glucosa, especialmente para prevenir la diabetes tipo 2.

Una encuesta de 61 433 mujeres encontró que un alto consumo de granos enteros (pan de centeno integral y duro, grano integral blando) pan, gachas y cereales fríos para el desayuno) se asoció con un menor riesgo de cáncer de colon. Una asociación inversa entre el consumo de fibra de cereales y cereales integrales y la incidencia de cáncer de intestino delgado también ha sido reportado. Los papeles que juegan la fibra dietética y los fitoquímicos en la prevención del cáncer intestinal en humanos y los animales han sido revisados y discutidos tanto para humanos intervención y estudios en animales. La acción positiva del aceite de salvado de trigo en la incidencia de tumor de colon en ratas (cáncer inducido por azoximetano) y ratones (cáncer mínimo modelo) también se ha demostrado. Este anticancerígeno El efecto se atribuye principalmente a las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de varios compuestos bioactivos, a medida que aumenta el estrés oxidativo y la inflamación están involucrados en el cáncer etiología. Ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides, vitamina E, ácidos grasos n-3, lignano fitoestrógenos, esteroides Las saponinas (que se encuentran principalmente en la avena), el ácido fítico y el Se son todos supresores potenciales del crecimiento tumoral, pero humano, animal y / o estudios de células in vitro indican que sus mecanismos de la acción puede diferir. Por ejemplo, los lignanos de cereales se convierten por fermentación en mamíferos lignanos o fitoestrógenos (enterodiol y enterolactona). Estos pueden tener una actividad estrogénica débil y pueden proteger contra los cánceres dependientes de hormonas (próstata y cánceres de seno) y / o cáncer de colon. Estudios sobre mujeres posmenopáusicas, ratas ovariectomizadas e hígado y Los cultivos de células de cáncer de mama indican que los fitoestrógenos inhibir la proliferación celular al competir con el estradiol por sitios de unión al estrógeno tipo II.

El ácido fítico ayudará a reducir la tasa de proliferación celular durante el inicio y etapas posteriores al inicio (por ejemplo, disminución de la incidencia de focos de cripta de colon aberrantes) por mecanismos complejos que implican sus propiedades antioxidantes, transducción de señales vías, regulación génica y respuesta inmune a través

de mejorando la actividad de las células asesinas naturales, y su anticancerígeno. El efecto parece ser dependiente de la dosis. El alto contenido de ácido fólico de los cereales integrales (hasta 6% en salvado de trigo) ha llevado a preguntas sobre si el anticancerígeno la actividad del salvado de trigo debe atribuirse más a ácido fólico que a la fibra dietética. De hecho, puro fólico el ácido es más eficiente para reducir la incidencia y multiplicidad de tumores mamarios en ratas que el salvado fracción (All Bran; Kellogg). Los muchos anticancerígenos. Las acciones de los flavonoides incluyen su capacidad para inhibir varias etapas del desarrollo tumoral en animales y para reducir la mutagenicidad de varios carcinógenos dietéticos en *Salmonella typhimurium* TA98NR. El anticancerígeno. La actividad del ácido fólico se atribuye principalmente a su capacidad antioxidante; elimina los radicales libres oxidativos que están involucrados en la etiología del cáncer y en su capacidad para estimular las enzimas citoprotectoras. Estudios sobre las ratas tratadas con azoximetano indican que la vitamina E y el β -caroteno inhibe la progresión de focos de cripta aberrantes a cáncer de colon, especialmente las etapas posteriores de carcinogénesis, mientras que el salvado de trigo es mejor para inhibir las etapas más tempranas. Las ligninas, al unirse hidrofóbicamente a las sales biliares, podrán reducir la formación de carcinógenos a partir de ellos. Su capacidad de adsorción aumenta con el aumento de la metilación de los restos hidroxilo en las unidades de fenilpropano. Las ligninas también reducen las lesiones de ADN en células testiculares de rata y linfocitos tanto in vitro como ex vivo. Se inhibe la aparición de neoplasia en ratas y ratones, lo que sugiere que una dieta Se-pobre se asocia con una mayor prevalencia de neoplasia en poblaciones humanas específicas. Esto probablemente depende de la actividad del glutatión selenoprotein peroxidasa, que participa en el desarrollo de cánceres. Los compuestos bioactivos de cereales actúan a través de varios otros mecanismos antimutagénicos y anticancerígenos. Los importantes son la adsorción y dilución de carcinógenos por fibra dietética insoluble y ligninas, y la acción de SCFA producida por fermentación de fibras. El butirato es un factor importante, ya que más es producido en presencia de RS, y favorece la apoptosis en líneas celulares de cáncer humano y reparación de ADN en ratas. Curiosamente, contrario a lo que se creía desde las obras de Burkitt enfatizando el papel preponderante de la fibra en la prevención de enfermedades occidentales, en particular el cáncer de colon observado en países occidentales y no en zonas rurales africanas población que consume altos niveles de fibra dietética, es cada vez más creía hoy que el efecto contra el colon el desarrollo del cáncer podrá atribuirse antes que nada a RS, dado que recientemente se observó un menor riesgo de cáncer de colon en poblaciones con un bajo nivel de consumo de fibra pero con un alto consumo de RS. Esto refuerza la idea de que productos específicos de fermentación de RS dentro del colon, como como ácido butírico, son los componentes activos. La betaína puede ser agregado a la lista de compuestos anticancerígenos, ya que la concentración puede alcanzar 0.3% en trigo integral y 1.5% en salvado de trigo.

Para resumir, los efectos anticancerígenos de fibra insoluble (incluida la lignina), fitoquímicos y aceite de salvado de trigo puede ser distinguido. La fibra insoluble puede actuar directamente por carcinógenos adsorbentes o diluyentes (a través del aumento de las heces a granel por absorción de agua), o indirectamente disminuyendo el colon pH (a través de la producción de SCFA) y aumento de butirato producción. El papel de los fitoquímicos es complejo y multifactorial, e implica notablemente sus propiedades antioxidantes ya que el aumento del estrés oxidativo es un factor importante en la etiología del cáncer. Los componentes exactos de aceite de salvado de trigo que reduce el desarrollo de tumores de colon aún no se han identificado. Sin embargo, los experimentos con animales. Indicar que la fibra dietética, particularmente la fibra soluble, puede no proteger o incluso mejorar la carcinogénesis. Esto podrá ser Debido a la propiedad abrasiva de la fibra insoluble, un pH demasiado bajo alcanzado dentro del colon después de la fibra soluble y RS fermentación, la actividad de glucuronidasa de colon mejorada (que convierte los carcinógenos conjugados en carcinógenos libres) y el aumento de la producción de ácidos biliares secundarios (promotores tumorales) dentro del colon debido al aumento viscosidad de alguna fibra soluble que reduce la reabsorción de sal biliar en el intestino delgado.

Los cereales integrales pueden proteger el cuerpo contra el aumento del estrés oxidativo que está involucrado y / o asociado con todas las principales enfermedades crónicas: metabólicas síndrome, obesidad, diabetes, cánceres y CVD. Los cereales integrales son buenas fuentes de antioxidantes (treinta y un compuestos o grupos de compuestos se enumeran), como se muestra por las mediciones realizadas in vitro de la capacidad antioxidante de grano entero, salvado y fracciones germinales. Sin embargo, esto puede no ser lo mismo in vivo, y hasta hoy, que yo sepa, el número de estudios que exploran el efecto antioxidante in vivo de los cereales integrales cereales y / o sus fracciones en sujetos humanos no exceda de once. Los antioxidantes en los cereales difieren en su estructura y modo de acción. Existen antioxidantes indirectos, como Fe, Zn, Cu y Se, que actúan como cofactores de enzimas antioxidantes y radicales directos carotenoides como el ácido fólico, otros polifenoles (lignanos, antocianinas y alquirlresorcinoles), carotenoides, vitamina E y compuestos específicos para cereales distintos del trigo, como g- γ -orizanol en arroz y avenantramidas en avena. Estos pueden neutralizar los radicales libres y / o detener las reacciones en cadena que

conducir a la producción de compuestos oxidativos radicales (para ejemplo, la peroxidación de la cadena lipídica detenida por la vitamina E dentro de las membranas celulares). Otro mecanismo antioxidante implica ácido fólico, que puede quelar Fe y así detener la reacción de Fenton produciendo el altamente oxidativo y dañinos a los radicales libres OH[•], reduciendo en última instancia los lípidos peroxidación. Las ligninas también se consideran antioxidantes in vitro (actividad de eliminación de radicales), pero no se sabe con precisión cómo actúan in vivo: pueden adsorber compuestos dañinos oxidativos dentro del tracto digestivo de manera similar a la adsorción de sales biliares. Mientras que la acción de los antioxidantes de los cereales no se caracteriza bien una vez se ha cruzado la barrera epitelial, hay un crecimiento creencia de que los antioxidantes de los cereales protegen el intestino células epiteliales de radicales libres derivados del oxígeno, particularmente aquellos producidos por bacterias que pueden ayudar a formar carcinógenos activos al oxidar procarcinógenos o aquellos que puede resultar del aumento del contenido de Fe en las heces (reacción de Fenton) debido a una dieta rica en carnes rojas. El concepto de 'dietético fitoquímicos / compuestos fenólicos unidos a fibras fue propuesto recientemente. Los autores sugieren que los polifenoles antioxidantes sobreviven a la digestión en los pequeños intestino porque la mayoría de ellos están unidos a la fibra (para ejemplo, esterificación de ácidos fenólicos a arabinosilanos) en la matriz alimenticia de cereales. Llegan al colon donde la fibra se fermenta y se liberan algunos de los antioxidantes.

Vitaglione y col. hipotetizado 'el lento y continuo liberación en el intestino de los antioxidantes unidos a la fibra dietética' como el del ácido ferúlico, que determinará los efectos de estos antioxidantes, y consideró que la fibra dietética es un 'Ingrediente funcional natural para entregar compuestos fenólicos en el intestino'. Por ejemplo, solo 0.5-5% de la ferúlica el ácido se absorbe dentro del intestino delgado, principalmente la fracción libre soluble, y esta típica de grano entero ácido ferúlico de trigo (aproximadamente el 90% de los ácidos ferúlicos totales) probablemente ejercerá una acción importante en la protección de la colon por cáncer. Por lo tanto, los ácidos ferúlicos antioxidantes unidos podrá actuar a lo largo de todo el tracto digestivo por atrapando compuestos oxidativos. Esta fracción de límite los polifenoles a menudo han llevado a una importante subestimación de la capacidad antioxidante real de los cereales integrales, y de sus fracciones, medidas in vitro y generalmente basadas sobre la medición del polifenol fácilmente extraíble fracción. Ahora se necesitan estudios in vivo para examinar esta hipótesis, y para caracterizar y cuantificar este potencial efecto antioxidante en el tracto digestivo.

Los antioxidantes en los cereales integrales actúan a través de diferentes, mecanismos complejos y sinérgicos in vivo. sin embargo, la acción antioxidante de los cereales integrales aún no ha sido convincentemente validado en sujetos humanos y requiere Exploración adicional.

Entre los alimentos a base de plantas, cereales integrales, juntos con legumbres, nueces y semillas, son una de las mejores fuentes de Mg: el trigo integral contiene 104 mg de Mg / 100 g, trigo salvado 515 mg y germen de trigo 245 mg. La altura El contenido de Mg de los cereales integrales puede explicar su impacto favorable en la sensibilidad a la insulina y el riesgo de diabetes, la diabetes se asocia frecuentemente con deficiencia de Mg. El Mg puede aumentar la secreción de insulina. y la tasa de eliminación de glucosa de la sangre en humanos. Esto también se propuso para explicar la menor respuesta a la insulina en adultos obesos y con sobrepeso después de El consumo de una dieta basada en granos integrales en comparación con aquellos en una dieta refinada a base de cereales. Dietas altas en Mg reducir la resistencia a la insulina en ratas alimentadas con una dieta alta en fructosa; También reducen el desarrollo de diabetes espontánea en ratas Zucker obesas, un modelo de no insulino dependiente diabetes mellitus, pero estas ratas tuvieron que recibir Mg antes aparición de diabetes para obtener protección. Más explicaciones de la prevención de la diabetes tipo 2 por Mg se basan en el hallazgo de que el Mg estimula la insulina dependiente captación de glucosa en sujetos de edad avanzada. También protege a los animales con deficiencia de Mg de la producción de especies reactivas de oxígeno. Las especies reactivas de oxígeno son en parte responsable del aumento de la hiperglucemia mediada estrés oxidativo en sujetos diabéticos. Mg también actúa como un leve antagonista fisiológico del Ca. Obeso y pacientes diabéticos con resistencia a la insulina tienen exceso libre Ca intracelular y estas dos condiciones clínicas son asociado con hipertensión. Además, el Mg ayuda mantener la concentración óptima de Ca intracelular a través de varios mecanismos celulares complejos que involucran Ca canales, secuestro / extrusión de Ca por el endoplasmático retículo y sitios de unión a Ca en proteínas y membranas Finalmente, el bajo nivel de Mg en plasma ha sido asociado positivamente con un mayor riesgo de enfermedad coronaria aterosclerosis o trombosis aguda, lo que sugiere que el cereal integral de Mg también podrá contribuir a la prevención de ECV. Esto también puede implicar la inhibición de trombosis dependiente de plaquetas por suplementación con Mg en pacientes con enfermedad arterial coronaria y los positivos efecto del Mg sobre la regulación de la presión arterial en hipertensos pacientes. La capacidad de un consumo regular prolongado de

cereales integrales para mantener un alto contenido de Mg en plasma concentración por lo tanto merece ser investigado en el contexto de prevención de diabetes tipo 2.

Los cereales integrales también son una fuente de antinutrientes con efectos adversos y positivos para la salud. El más importante son ácido fítico, lectinas, taninos, saponinas e inhibidores de enzimas tales como proteasas y α -amilasas. Su principal efecto negativo es su capacidad para reducir la biodisponibilidad y la absorción de algunos nutrientes (por ejemplo, la quelación de minerales por ácido fítico y taninos), la unión de lectinas a las células epiteliales que dañan el intestino microvellosidades e inhibición de enzimas digestivas por taninos, que inhibe el crecimiento en animales. Productos de cereales en la dieta humana se cocina; esto conduce a la pérdida de antinutrientes tales como lectinas e inhibidores enzimáticos, y la salud principal el resultado parece ser la baja biodisponibilidad de Fe en la dieta en poblaciones africanas que consumen sorgo o dedos bebidas a base de mijo, gachas y papillas, ambos cereales que contiene ácido fítico y un alto contenido de taninos. Por ejemplo, el fitato y los compuestos fenólicos que se unen a Fe en la harina de mijo integral puede alcanzar 0,6 g / 100 g (DW) . Este es uno de los factores clave responsables de la deficiencia de Fe. anemia en países en desarrollo. Por otra parte, el uso de procesamiento tradicional como la germinación, remojar, la fermentación previa y la cocción pueden ayudar a disminuir los contenidos de tanino y ácido fítico, mejorando así el Fe biodisponibilidad .

Sin embargo, ácido fítico, lectinas, inhibidores de proteasa y los taninos también contribuyen a la propiedad de IG bajo de los cereales integrales alimentos. En trigo y productos alimenticios de grano entero derivados, ya que las lectinas y los inhibidores enzimáticos están inactivos mediante procesos de cocción, este es principalmente ácido fítico que reduce a la glucemia a través de varios mecanismos potenciales: por lo tanto, la unión con proteínas estrechamente asociadas con almidón, asociación con enzimas digestivas, quelación de Ca requerido para la actividad α -amilasa, unión directa con almidón, efecto sobre la gelatinización de almidón durante los procesos de cocción y la reducción de la velocidad de vaciado gástrico podrá estar involucrada.

Los mecanismos propuestos por los cuales los cereales integrales pueden proteger el cuerpo se muestran en la. La mayoría importantes son la preservación de la estructura de los alimentos, la fibra fermentación en el colon, la hipoglucemia y hipoinsulinémico, antioxidante, antiinflamatorio y anticancerígeno propiedades de varios compuestos bioactivos, sensibilidad a la insulina mejorada por Mg y reducción de la hiperhomocisteinemia por betaína, un factor de riesgo de ECV significativo (para obtener detalles sobre la betaína, consulte la sección "Nuevas hipótesis" abajo). Sin embargo, una extensa lista de todos los bioactivos compuestos en trigo integral y sus fracciones, las formas en que actúan y sus efectos en la salud como aislados gratis compuestos hace posible formular Nuevas hipótesis para explicar el papel protector del grano integral cereales. Cereales integrales, particularmente trigo y / o salvado de trigo y germen, también son una fuente de ácidos grasos n-3 (especialmente ácido α -linolénico), compuestos de azufre (reducido glutatión (GSH), glutatión oxidado (GSSG), metionina y cistina), oligosacáridos (fructanos, rafinosa y estaquiosa), vitaminas P, Ca, Na, K, B, flavonoides (para ejemplo, antocianinas e isoflavonoides), alquilresorcinoles, betaína, colina, fitosteroles, inositoles, policosanol y melatonina. Las acciones de estos compuestos serán descrito en la siguiente sección "Nuevas hipótesis". los la hipótesis antioxidante se discutirá con un enfoque más amplio perspectiva, así como los beneficios para la salud de los activos compuestos de cereales integrales que son menos frecuentes estudiado, como vitaminas B, compuestos de azufre, metilo donantes y lipotropos, ácido α -linolénico, ligninas, oligosacáridos, policosanol y melatonina.

Cada vez hay más pruebas de que el efecto primario de Los antioxidantes de los cereales integrales se encuentran en el sistema digestivo. tracto, donde protegen las células epiteliales intestinales de ataque de radicales libres. Sin embargo, los mecanismos por qué antioxidantes que cruzan la barrera intestinal protegen El cuerpo permanece incierto. Estudios publicados sobre animales y los sujetos humanos alimentados con los compuestos libres dan lugar a nuevas explicaciones de la protección antioxidante por granos integrales cereales. La acción antioxidante de los cereales integrales podrá ser multifactorial y mucho más complejo de lo que es primero aparece. Hay al menos cuatro nuevos mecanismos para ser estudiado en el contexto de los cereales integrales: la acción de polifenoles en la señalización celular y la regulación génica que modifican el estado redox de los tejidos y las células, la acción de aminoácidos azufrados en la síntesis de glutatión, la posible estimulación de antioxidantes endógenos por granos enteros compuestos bioactivos de cereales, y los subestimados Propiedades antioxidantes del ácido fítico y la lignina.

Los polifenoles en los alimentos complejos son generalmente no se absorbe fácilmente en el intestino delgado: 2–5% para ácidos fenólicos de cereales integrales, y 30– 40% para flavonoides de vegetales, bebidas y frutas, dependiendo de la comida. Las concentraciones plasmáticas resultantes. de estos compuestos absorbidos están generalmente en el

rango nanomolar (nM) o micromolar (mM), inferior a ese de compuestos antioxidantes endógenos como GSH y vitamina C (milimolar). Sin embargo, esto no significa que no tienen acción antioxidante. Algunos estudios bastante recientes sobre compuestos aislados han demostrado que los flavonoides y los ácidos fenólicos actúan sobre las vías de señalización celular, entonces modificando la regulación génica y / o el estado redox celular, como lo ha sido discutido en varias revisiones recientes. Sin embargo, la mayoría de los estudios se realizaron con flavonoides, no ácidos fenólicos que son más abundantes en granos enteros trigo (hasta 100 mg / 100 g) que los flavonoides (30–43 mg / 100 g). Resultados obtenidos con aislados los flavonoides, principalmente en cultivos celulares in vitro, pueden ser extrapolado a los flavonoides que se encuentran en el trigo integral una vez que ingresaron al torrente sanguíneo y luego llegaron a células. Se ha hecho poco trabajo para identificar con precisión el trigo. flavonoides Sin embargo, algunos de ellos son catechin y proantocianidinas, tricina, glucósidos de apigenina, y vicenin y schaftosides. Estos flavonoides pueden actuar como señales dentro de las células. Los principales mecanismos probablemente implican el estado redox y antioxidante y proinflamatorio genes activados por un aumento del estrés oxidativo, es decir, un estado redox modificado de la célula, a través de vías de señalización que pueden ser regulados hacia arriba y hacia abajo por los polifenoles activación o inactivación de factores de transcripción como NF-kB o activador de proteína-1 (AP-1). Así los flavonoides pueden aumentar la síntesis de GSH a través de factor de transcripción Nrf2 (factor nuclear eritroide 2 relacionado con factor 2) que se une a un antioxidante / electrófilo específico promotores de genes que contienen elementos de respuesta (AREs / EpRE) Por ejemplo, la quercetina oxidada (quinona) puede reaccionar con tiolos en la proteína Keap1 (asociada a ECH tipo Kelch proteína 1 unida al citoesqueleto), liberando Nrf2 y luego Activación de genes específicos a través de ARE / EpRE involucrados en GSH síntesis. Aquí más que la propiedad antioxidante de los flavonoides, es su forma activada o metabolizada que está activa dentro de las células. Kaempferol y quercetina, dos los flavonoides también modulan la producción de g-glutamylcisteína sintetasa, una enzima importante en la síntesis de GSH. Los autores concluyen que los flavonoides son importantes para que regula la concentración intracelular de GSH. Allí Por lo tanto, es un fuerte vínculo entre el intra y / o extracelular acciones de polifenoles, estado de células redox y gen regulación, ampliando la acción de polifenoles antioxidantes a actividades que no sean solo la eliminación de radicales libres. Sin embargo, la mayoría de los estudios han usado concentraciones más altas de polifenoles (.10mM) que los encontrados in vivo. Por ejemplo, el las concentraciones de ácido ferúlico en plasma posprandial después del consumo de salvado de trigo en ratas fueron de aproximadamente 1 mM y aproximadamente 0.2 mM en sujetos humanos. Sin embargo, un estudio realizado in vitro en cultivos celulares con seis vinos fenólicos los ácidos en el rango de 20 nM – 20 mM mostraron que ferulic, sinapic, Ácidos p-cumarico y cafeico (todos encontrados en granos enteros trigo) son capaces de inhibir la acción proinflamatoria factor de transcripción AP-1 tan bajo como 20 nM en un rango de 5–15%. Además, se puede suponer razonablemente que el la verdadera concentración de polifenoles en plasma es mayor que la 0.2–1mM alcanzado con ácido ferúlico debido a la presencia de otros polifenoles como el ácido sinapico y, en menor medida flavonoides, como se informó recientemente en sujetos humanos donde un aumento de increase 5 mM en los polifenoles totales en plasma observado 1 h después del consumo de salvado de trigo hervido. Más del ácido sinápico en el trigo integral es libre o en un soluble forma conjugada (aproximadamente igual al 70%), y puede alcanzar una concentración total de 4–18 mg / 100 g de grano entero trigo. Sin embargo, si el bajo nivel de polifenol en plasma concentraciones obtenidas después de un cereal integral la comida es compatible con la actividad de señalización celular sigue siendo ser explorado.

El contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) de trigo integral, salvado de trigo y germen son 0.5, 0.6 y 1.0%, y puede ser mayor en algunos cereales variedades. La metionina y la cistina son ambos precursores de GSH, un antioxidante intracelular, y como tales contribuyen al control del estado oxidativo celular por participando en la expresión génica a través de la modificación de estado redox de tiol, como se ha revisado recientemente. Por lo tanto, las ratas alimentadas con una dieta de metionina libre al 0,6% tuvieron una mayor Contenido de GSH hepático que las ratas alimentadas con un 10% de caseína de control dieta sin suplementos de metionina. Tiene También se ha demostrado en la mucosa intestinal de rata y plasma que un La ingesta inadecuada de aminoácidos azufrados conduce a la oxidación del estado redox tiol / disulfuro (expresado por las proporciones cisteína: cistina y GSH: GSSG), es decir, un reductor menos potencial, que al final aumenta el estrés oxidativo. La metionina también genera cisteína a través de la cistationina vía, la cisteína se oxida a cistina (dos restos cisteína unidos por un enlace disulfuro).

Para humanos, ingestas diarias promedio de 305–2770 mg se ha informado de metionina y 197-1561 mg de cistina para una dieta habitual. Los requerimientos diarios estimados de metionina + cisteína son 910–2100 mg / día por 70 kg adulto. Basado en el contenido de metionina y cistina de pan de trigo integral preparado comercialmente (base de datos del USDA, 155 y 214 mg / 100 g) y en un consumo diario de una porción de productos de cereales integrales

(es decir, aproximadamente 30 g para una rebanada de pan), los cereales integrales proporcionan un promedio de 47 mg de metionina y 64 mg de cistina por día. Esto sugiere que los cereales integrales contribuyen poco a ingestas de metionina y cistina, al menos para consumidores bajos. Sin embargo, cantidades bastante significativas de al menos 280 mg metionina y 380 mg de cistina por día se pueden obtener por siguiendo la pirámide de la guía de alimentos del USDA que recomienda entre seis y once porciones diarias de granos integrales Productos de cereales. Esto contribuirá significativamente a las ingestas diarias promedio como se informó anteriormente o para las recomendaciones diarias. Sin embargo, no se sabe cómo un consumo diario regular de entre seis y once porciones de cereales integrales contribuirán a Síntesis de GSH y / o un estado antioxidante mejorado en humanos.

GSH puede hidrolizarse en el intestino delgado por la glutamiltransferasa y / o absorbido intacto, principalmente en el yeyuno superior. Por lo tanto, está disponible para las células donde puede ejercer sus efectos fisiológicos como antioxidante, anticancerígeno y / o agente inmunoestimulante y también como desintoxicante de xenobióticos. Sujetos humanos con una solución de 46 mg de GSH / kg de peso corporal (una dosis oral única de 3 g) no mostró un aumento significativo en el plasma posprandial GSH. GSH dietético, pero también sus precursores dietéticos la metionina y la cistina, por lo tanto, no son determinantes importantes de GSH circulante, probablemente porque GSH es rápidamente hidrolizado en el intestino delgado; sin embargo, podrá ayudar desintoxicar electrófilos reactivos en la dieta dentro de la luz intestinal o proteger las células epiteliales contra el ataque por radicales libres. El consumo humano diario total de GSH es 13-110 mg (media 35 mg) siendo el GSH más alto contenido en trigo integral, que es aproximadamente 5-7 mg / 100 g, y comer 30 g de cereal integral por día como pan (aproximadamente 38% de agua), se puede calcular que el grano entero el pan proporciona menos de 1-3 mg de GSH por día. Aumentando el consumo de cereales integrales a entre seis y once porciones diarias según lo recomendado por el USDA pirámide alimenticia (datos epidemiológicos muestran que un promedio 2-7 las porciones de alimentos integrales tienen efectos beneficiosos para la salud), especialmente porciones que contienen germen de trigo desde esta fracción puede tener 246 mg de GSH / 100 g, y probablemente más si es total equivalentes de glutatión (GSH + (2 x GSSG) + unido a proteínas glutatión) se consideran, por lo tanto, podrá proporcionar un suministro sustancial de GSH. Por lo tanto, el contenido total de GSH de harinas de trigo de extracción de alto grado (1-44-1-73 g de cenizas / 100 g) es 11-6-17-6 mg / 100 g (con un contenido de agua para grano entero harina de trigo de 13-0%), que es aproximadamente tres veces el total Contenido de GSH de harinas de trigo de extracción de bajo grado (0-54-0-59 g de cenizas / 100 g y 4-7-5-0 mg de GSH / 100 g total harina con un contenido de agua del 11,9% para la harina de trigo blanco), mostrando claramente que GSH está principalmente en el salvado. Sin embargo, un mayor contenido de glutatión total de 15.8 mg / 100 g (treinta y seis variedades de trigo) se evaluó a partir de los datos por Li y col. para harinas de trigo blanco. El aporte de GSH de trigo integral total para la defensa antioxidante, ya sea dentro de la luz intestinal o como sustrato que suministra cisteína para La síntesis endógena de GSH en el hígado, podrá ser explorada por comparando dietas bajas en metionina y ricas en granos integrales.

El consumo de manzanas demostró que el plasma elevado nivel de antioxidante posprandial (p55 mM equivalentes de trolox después de 1 h y estabilización a aproximadamente p20 mM trolox equivalentes entre 2 y 6 h; capacidad de reducción férrica de ensayo de plasma (FRAP) se debió al aumento de ácido úrico y no a un aumento significativo de la vitamina C en plasma o polifenoles. Se pensó que la fructosa estimulaba la adenina degradación de nucleótidos que conduce a la síntesis de ácido úrico. Los autores propusieron que el aumento del antioxidante plasmático el nivel posterior al consumo de dietas ricas en flavonoides se debe a un aumento en el ácido úrico, mientras que sacarosa, sorbitol, lactato y / o metilxantinas también son candidatos para endógeno síntesis de ácido úrico. El ácido úrico es un poderoso antioxidante. cuya concentración en plasma humano puede alcanzar 160-450 mM, y puede representar tanto como 40-90% de la capacidad antioxidante plasmática. Un estudio reciente sobre humanos los sujetos han demostrado que hay poca o ninguna correlación entre cambios en el plasma total de ácidos fenólicos y capacidad antioxidante (ensayo FRAP) después del consumo de salvado de trigo, lo que indica que los compuestos que no sean los ácidos fenólicos contribuyen al aumento posprandial de antioxidantes plasmáticos a aproximadamente p50 mM de FRAP entre 1 y 3 h. Este aumento está en el mismo rango que el encontrado por Lotito & Frei con manzanas y con otros valores reportado por Price et al. con té vino tinto, espinacas y fresas, de p15 a p100 mM de aumento en plasma FRAP. Esto no puede explicarse por la baja fructosa contenido de salvado de trigo (aproximadamente 50 mg / 100 g), mucho más bajo que la de manzanas (aproximadamente 5-7 g / 100 g). Sin embargo, de grano entero los cereales contienen un paquete importante de bioactivos compuestos distintos de fructosa o polifenoles cuyo efecto sobre síntesis antioxidante endógena no ha sido explorado Por lo tanto, será relevante confirmar este aumento en el nivel de antioxidantes en plasma después del salvado de trigo consumo, e identificar los mecanismos subyacentes tal aumento, que aparentemente no se debe al aumento en polifenoles

plasmáticos circulantes solos. El trabajo es también necesario para determinar si el consumo de granos integrales cereales y / o fracciones de salvado y germen pueden aumentar significativamente la concentración de ácido úrico en plasma a los producidos por café (15%) o té (17%).

El ácido fólico de los cereales integrales tiene mucho tiempo ha sido considerado como nutricionalmente negativo, ya que minerales quelatos como Zn, Fe, Ca y / o Mg, por lo tanto limitando su biodisponibilidad intestinal. Esto ha sido usado como argumento para usar harinas refinadas en lugar de harinas integrales de trigo. Sin embargo, el ácido fólico también es un antioxidante fuerte in vitro, y puede alcanzar el 6% en el salvado de ciertas variedades de trigo. Por lo tanto, necesita para determinar si el efecto negativo del ácido fólico en asimilación mineral puede ser compensado por su antioxidante actividad y el alto contenido en minerales de grano entero trigo. Hoy, la respuesta a esto es indudablemente "sí". Primero, la cantidad de mineral quelado por ácido fólico es aparentemente no lo suficientemente alto en comparación con el mucho mayor cantidad en cereales integrales en comparación con los refinados. Las ratas alimentadas con harina integral absorbieron más minerales que ratas alimentadas con harina de trigo blanca. Además, hornear pan de acuerdo con un procedimiento de masa madre puede activar endógeno fitasas y bajar el pH, lo que limita la quelación de minerales por ácido fólico. Segundo, ahora se sabe que el ácido fólico puede quelar Fe, limitando así el daño debido a la reacción de Fenton que condujo a la producción de radical libre reactivo OH[•]. Tercero, el fitato en grano entero es acompañado de otros compuestos bioactivos que se pierden durante el refinado. El ácido fólico es, por lo tanto, un candidato serio. como un antioxidante de cereales integrales que actúa in vivo. Desafortunadamente, no conozco ningún estudio que haya explorado el efecto antioxidante de este compuesto de grano entero cereales in vivo.

La concentración de ligninas en el trigo integral es 1.9%: 5.6% en salvado de trigo y 1.5% en. Las ligninas están ausentes de la harina refinada y generalmente son considerado como nutricionalmente inerte. Sin embargo, algunos estudios han demostrado su potencial fisiológico positivo efectos. Los estudios en ratas mostraron que la lignina puede explicar 26–32% de la enterolactona (un lignano de mamífero) formado de salvado de cereales. Los lignanos de mamíferos son antioxidantes in vitro a las concentraciones (10–100 mM) alcanzables in vivo, particularmente en el colon. Un estudio sobre ratas alimentadas. Una dieta que contenía 8% de lignina durante 21 días mostró que las ligninas pueden tener efectos antioxidantes sobre linfocitos frescos ex vivo por disminuyendo significativamente la cadena de ADN inducida por peróxido roturas y lesiones visibles de ADN oxidativo inducido por la luz bajo la forma de bases oxidadas a través de oxígeno singlete - 1O₂ - producción. Pero no conozco estudios sobre sujetos humanos. que han examinado los efectos fisiológicos de las ligninas. Sin embargo, si las ligninas se metabolizan parcialmente en mamíferos los lignanos en los humanos, como están en las ratas, podrán aumentar protección por lignanos observada en humanos contra algunos cánceres. Nuevamente, se necesitan estudios para explorar el Efecto antioxidante de las ligninas de cereales integrales in vivo.

Cereales integrales como fuente de lipotropos y metilo. donantes: betaína, colina, folatos, metionina y mioinositol. La betaína y la colina ahora se reconocen como importante en la nutrición humana: la betaína mejora la salud del corazón, hígado y riñones, mientras que la colina es importante para metabolismo lipídico, desarrollo cerebral, integridad y función de señalización de las membranas celulares, y como precursor de fosfatidilcolina, acetilcolina y betaína. El papel nutricional de los folatos (vitamina B9) también está bien reconocido, particularmente en la prevención de defectos del tubo neural y ECV. Qué es más sorprendente es que su contribución a los beneficios para la salud de cereales integrales, particularmente salvado de trigo y trigo germen, no ha sido reconocido hasta hace muy poco. Trigo integral, salvado de trigo y trigo gérmenes, respectivamente, contienen aproximadamente 0.28, 1.04 y 1.09% betaína y colina y aproximadamente 51, 231 y 420 mg folatos / 100 g. Sin embargo, cereales integrales no son muy buenas fuentes de folatos en comparación con legumbres u hortalizas, especialmente cuando se basan en 100 kcal (420 kJ) contenido. La biodisponibilidad de colina y la betaína de los productos y fracciones de cereales integrales no es conocido. Sin embargo, su presencia como un osmolito soluble libre en las células de la capa de aleurona sugiere que la betaína es fácilmente disponible, especialmente en comparación con el antioxidante unido a la fibra polifenoles. Que yo sepa, solo dos estudios, utilizando el enfoque metabólico, han subrayado la importancia de betaína de cereales integrales al mostrar un aumento Niveles de betaína hepática, urinaria y plasmática en ratas y cerdos alimentados harina de trigo integral y pan de centeno con alto contenido de fibra.

Esto sugiere que la betaína de los cereales integrales es bastante disponible. También se ha demostrado recientemente que la betaína libre puede revertir la resistencia a la insulina y la lesión hepática en ratones alimentados con dieta alta en grasas, un modelo animal de hígado graso no alcohólico enfermedad. Por lo tanto, la

biodisponibilidad probablemente alta de betaína de los cereales combinada con sus múltiples efectos sobre la salud descritos sugieren que el cereal integral La betaína puede tener beneficios para la salud multivariados.

La betaína, la colina y los folatos son todos donantes de metilo, capaces por se para transformar la homocisteína en metionina, por lo tanto Disminución de la hiperhomocisteinemia, un riesgo conocido factor para CVD, y también para defectos del tubo neural y cánceres. La ingesta dietética de grano entero y salvado, pero no germen, se asocia de manera significativa y negativa con la concentración plasmática de homocisteína: 217.4 y 210.9% al comparar los quintiles más altos y más bajos de la ingesta de cereales integrales y de salvado, respectivamente. los gran variedad de micronutrientes pueden interactuar en sinergia en este efecto. Más precisamente, uno puede suponer que los folatos, la betaína y la colina están involucrados principalmente. Además, dado que la hiperhomocisteinemia está asociada con aumento del estrés oxidativo, betaína y colina pueden actuar como antioxidantes indirectos.

La betaína, la colina y los folatos también son lipotrópicos. compuestos, junto con metionina y mioinositol, que son esenciales para el metabolismo de los lípidos, la metilación del ADN y la producción de nucleoproteínas y membranas. Por definición, un lipotropo es un sustancia que previene específicamente el exceso de deposición de grasa en el hígado al acelerar la eliminación de grasa o al limitar los lípidos síntesis. Sin embargo, usando esta definición sensu strictu, muy se han publicado pocos estudios sobre sujetos humanos; más Se han realizado en animales. Se estima que integral trigo, salvado de trigo y germen de trigo pueden suministrar 0.51, 1.31 y 1.59 g de lipotropos / 100 g, respectivamente. Estos valores podrán ser mayores si otros compuestos con Se incluyen efectos indirectos de tipo lipotropo (aquellos que prevenir indirectamente la acumulación de grasa) como Mg, niacina, ácido pantoténico, RS, algunos flavonoides, PUFA, ácido fólico, lignanos, algunos oligosacáridos y fibra. Entre los lipotropos, En cuanto a la colina, se deriva mioinositol (un poliol carbocíclico) de varios compuestos derivados de mioinositol que son esencialmente mioinositol libre y mioinositol conjugado, ya sea con glicosilado (por ejemplo, galactinol y di-galactosil mioinositol) o fosforilados (por ejemplo, grupos fitato o hexakisfosfato). sin embargo, el aún no se ha demostrado el efecto lipotrópico del fitato en sujetos humanos y probablemente sea bajo desde las fitasas humanas son mucho menos activos que los del intestino delgado de la rata. Además, entre los nueve isómeros de inositol, solo Se ha demostrado que el mioinositol es lipotrópico, no chiro-inositol, que es abundante en el pseudo-cereal trigo sarraceno y es conocido principalmente por su acción resistencia a la insulina y su capacidad para ayudar a controlar la sangre glucosa. Excepto para el fosfato de mioinositol (de contenido de hexakisfosfato a monofosfato), hay pocos datos sobre el contenido libre de mioinositol de grano entero cereales y sus fracciones de salvado y germen antes del procesamiento. Que yo sepa, los únicos valores publicados son 86.7 mg / 100 g para amaranto integral, 8.5 mg / 100 g para avena, 30.8–35.4 mg / 100 g para quinua de grano entero y 52.5 mg / 100 g para embrión de trigo maduro seco, que es bastante similar a la fracción germinal. Los mismos autores también informó que el embrión de trigo maduro seco contenía aproximadamente 56 mg de galactinol / 100 g. Por lo tanto, el mioinositol es principalmente presente en fitato en granos de cereales, alrededor del 95% en trigo. He usado este porcentaje y el contenido de ácido fólico de trigo integral para estimar el contenido libre de mioinositol de trigo integral, salvado de trigo y germen de trigo. El contenido total de mioinositol de 487 alimentos se publicó en 1980, cuarenta y siete de los cuales fueron procesados a base de cereales productos (veinticuatro tipos de pan, quince desayunos cereales y ocho tipos de pasta). El mioinositol total / 100 g fueron 25–1150 mg para panes de trigo y 7–35 mg / 100 g para cereales de desayuno derivados del trigo. Considerando todos los alimentos de cereales, los valores dados estaban entonces dentro del rango 6–1150 mg / 100 g para panes y 2–274 mg / 100 g para otros alimentos a base de cereales (pastas y cereales para el desayuno). Pero estos los valores son para mioinositol total después de la hidrólisis ácida para 40 h a 120°C, que libera mioinositol del fitato en Además de mioinositol libre. Sin embargo, la hidrólisis de ácido fólico dentro de ésteres de fosfato de inositol inferiores (de pentafofosfato de inositol a monofosfato de inositol y libre mioinositol) por fitasas alimentarias endógenas activadas, a través, por ejemplo, de masa madre horneada con levadura y / o fermentación simple con levadura y / o germinación, puede conducir a mioinositol libre formación, como se mostró usando diferentes Procesos hidrotermales con ácido láctico y cebada entera. granos. El mioinositol libre puede estar disponible. para absorción dependiendo de la cantidad no degradada por microflora, ya sea durante la fermentación previa o en el colon. Por lo tanto, el contenido total de mioinositol libre de los productos de trigo es difícil de determinar con precisión y probablemente depende de parámetros de procesamiento (que explicarían el alto valor rangos encontrados para panes). Pero no es insignificante. Una vez ingerido, excepto para folatos cuya biodisponibilidad será bajo cuando proviene de productos de cereales, otros cereales los compuestos lipotrópicos están fácilmente disponibles en el tracto digestivo, es probable que el mioinositol sea adicionalmente convertido en parte en chiro-inositol después de la absorción, como se muestra en las ratas.

El salvado de trigo y el germen son ricos en colina, que es importante en el metabolismo de los lípidos y la metilación del ADN. La colina, como bitartrato de colina, a menudo se usa como lipotropo en dietas para animales y ratas alimentadas con una dieta libre de colina para 14 meses desarrollan lesiones hepáticas graves, ADN hepático inframetilación y carcinomas celulares, submetilación del ADN estar relacionado con el desarrollo de carcinogénesis, como se demostró para benignos y malignos neoplasias de colon humano. La medida en que los lipotropos del trigo integral como la colina ayudan a mejorar los lípidos estado, previniendo la deposición de grasa en el hígado y en el equilibrio de la metilación del ADN en el hígado y el colon merece para ser explorado en ensayos prolongados con un cereal integral a base de dieta. Además del conocido anticancerígeno propiedad de varios compuestos de cereales integrales, la de colina y betaína deben estudiarse más completamente, más particularmente a nivel colorrectal.

La acción fisiológica del ácido ferúlico del grano entero tiene indudablemente se ha subestimado porque está mal absorbido por el intestino delgado (5%) y porque la mayoría de los estudios se han realizado con el programa gratuito compuesto a niveles nutricionales altos y a menudo poco realistas. Sin embargo, estos estudios han subrayado el papel potencial del ácido ferúlico como antioxidante, antimicrobiano, antiapoptótico, antienvjecimiento, antiinflamatorio, neuroprotector, hipotensor, protector pulmonar y reducción del colesterol agente en enfermedades metabólicas como la trombosis, aterosclerosis, cáncer y diabetes. Sin embargo, ha habido pocos estudios. sobre la capacidad del ácido ferúlico de los productos de cereales para mejorar algunas funciones fisiológicas en humanos El ácido ferúlico puede alcanzar hasta el 0.2% del grano entero. trigo y más de 0,6% de salvado de trigo, que es bastante significativo; y 80% de ácido ferúlico están en el salvado fracción. Dado que no más del 5% de ácido ferúlico es absorbido por el intestino, aproximadamente el 95% llega al colon unido a la fibra donde puede actuar como un antioxidante natural en células epiteliales. Por lo tanto, tanto ferúlico libre como metabolizado el ácido (principalmente sulfatado y glucuronado) puede tener un función de señalización dentro de las células y el compuesto unido podrá ser un fuerte antioxidante protector y antiinflamatorio agente dentro del colon. Las esterases bacterianas en el colon también parcial y relativamente lento solubilizar ácido ferúlico unido, como se muestra in vitro en un ser humano modelo colon. La posible absorción de ácido ferúlico. dentro del colon y los efectos fisiológicos de sus los metabolitos producidos por la microbiota del colon permanecen por lo tanto para ser cuantificado y calificado.

He discutido el papel potencial de la lignina como antioxidante. Sin embargo, la lignina es uno de los principales compuestos no productores de energía en su conjunto grano (aproximadamente 1.9% de trigo integral, 5.6% de trigo salvado y 1.5% de germen de trigo). A pesar de que generalmente considerado como nutricionalmente inerte, tan alto la concentración debe tener efectos fisiológicos, como protegiendo el epitelio intestinal contra el daño oxidativo y protegiendo otros compuestos de la pared celular contra la fermentación, aumentando el volumen fecal y la salud positiva asociada efectos (dilución de carcinógenos). Algunos estudios apoyan el hipótesis de que las ligninas no son nutricionalmente inertes. por ejemplo, derivados bioactivos de ligofenol del bambú La lignina es anticancerígena en el neuroblastoma humano SHSY5Y células, donde suprimen el estrés oxidativo inducido apoptosis. También se ha demostrado que las paredes celulares que contienen ligninas (polímeros hidrófobos) favorecen la adsorción de carcinógenos hidrófobos y su liberación en las heces. Las ligninas del salvado de trigo también adsorben la bilis sales (es decir, agente secuestrante de sales biliares) como el desoxicolato in vitro, pero un vínculo entre la reducción del colesterol y el trigo no se demostró el consumo de salvado. La lignina puede reducir la reabsorción de sales biliares in vivo adsorbiéndolas, y puede reducir aún más la formación de carcinógenos metabolitos de sales biliares por bacterias del colon. La lignina el ácido nordihidroguaietéico también puede prevenir cambios en morfología renal, al reducir el estrés oxidativo, en ratas con nefropatía diabética para la cual juegan especies reactivas de oxígeno un papel importante en su desarrollo como resultado de crónica hiperglucemia. Finalmente, ligninas de fraccionado hidrolizado de madera dura, cuando se consume durante 3 semanas de una dieta a base de lignina al 8%, pueden disminuir el H₂O₂- y daño visible al ADN inducido por la luz in ex vivo fresco linfocitos de sangre de rata y en células testiculares. Esto sugiere que los compuestos de lignina o algunos de sus los metabolitos han cruzado la barrera epitelial, o al menos han sido capaces de inducir defensas antioxidantes en la sangre al mecanismos desconocidos Más recientemente, estudios que usan un líquido cromatografía: enfoque metabonómico basado en la EM demostró que las ratas no parecen ser metabolizadas por las ratas durante 2 días, pero que probablemente tuvieron algunos efectos en metabolismo endógeno. Para resumir, las ligninas podrán actuar de muchas maneras: se metabolizan a enterolactona en ratas, su capacidad antioxidante puede proteger el intestino epitelio, pueden actuar sobre el metabolismo endógeno, puede reducir el daño del ADN en la sangre o las células a través de su capacidad antioxidante y pueden adsorber carcinógenos. Todas estos posibles efectos fisiológicos deben tenerse en cuenta consideración en futuros estudios in vivo, especialmente hacia prevención de

cáncer. Por lo tanto, las ligninas están lejos de ser inertes, y los investigadores en nutrición y tecnología de cereales deberían hacer más preguntas sobre los efectos nutricionales de las ligninas.

Trigo integral, y especialmente sus fracciones de salvado y germen, contiene casi todas las vitaminas del grupo B, vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B5 (ácido pantoténico), B6 (piridoxina), B8 (biotina) y B9 (folatos). Integral contiene aproximadamente 9.1 mg de vitaminas B / 100 g, salvado aproximadamente 30.3 mg y germen aproximadamente 12.3 mg. Los cereales integrales son fuentes particularmente significativas de tiamina, niacina, pantoténico ácido y biotina en comparación con otras fuentes de alimentos, y el germen de trigo es rico en ácido nicotínico, ácido pantoténico y piridoxina. Los productos de cereales no son particularmente ricos en folatos a menos que esté fortificada con ácido fólico (la forma sintética de folato), como suele ser el caso, especialmente para cereales de desayuno. Una cuestión clave es la biodisponibilidad de estas vitaminas en los cereales integrales, pero los datos son escasos: Los pocos estudios sobre el tema muestran que la biodisponibilidad de cada vitamina B parece variar mucho, y que está lejos del 100%. La tiamina y la piridoxina son las más biodisponibles. La acción específica de cada uno de estos Las vitaminas se describen. Sus acciones son complejas y multifactorial. Las vitaminas B también se llaman Las "vitaminas del complejo B" desempeñan un papel importante en mantener el tono muscular en el tracto gastrointestinal y Promover la salud del sistema nervioso, la piel, el cabello y el hígado. Tiamina, ácido nicotínico, piridoxina, ácido pantoténico, y los folatos juegan un papel positivo en la salud mental. Por ejemplo, los folatos y la piridoxina son coenzimas en las vías del metabolismo de un carbono y están involucrados en la síntesis de serotonina y otros neurotransmisores, déficits de los cuales están implicados en deficiencia mental salud. Los folatos también reducen el riesgo de tubo neural defectos en los bebés cuando se consumen durante la periconcepción peródica. Recientemente se sugirió que podrían ser usado para tratar la depresión, ya que un estado bajo folato es asociado con la depresión. Aunque difícil de demostrar, sería particularmente interesante explorar El efecto de los cereales integrales en el sistema nervioso y salud mental, particularmente trastornos como la depresión, insomnio, deterioro cognitivo o más generalmente psíquico equilibrio. Otros compuestos bioactivos, como la colina, ácido ferúlico, Mg, Zn, Cu, inositoles, policosanol y la melatonina, también son candidatos potenciales para la salud mental protección y equilibrio (cuadros 3 y 4).

Cereales integrales y sus fracciones pueden contribuir a la buena salud de los huesos cartílagos, dientes, colágeno, articulaciones y tendones, que son todos los componentes del esqueleto, por la combinación acciones del ácido alinolénico, Fe, Zn, Mg, Mn, Cu, P, Ca, K, ácido nicotínico, tocotrienoles, filoquinona (vitamina K) y B-criptoxantina. Mientras que P y Ca son componentes de hidroxiapatita, un componente principal de huesos y dientes, la relación Ca: P en cereales, especialmente trigo (aproximadamente 0.08), está por debajo de la proporción de 0.5-0.8 recomendada para un uso satisfactorio de Ca por el cuerpo. Ca de grano entero Por lo tanto, es poco probable que los cereales contribuyan significativamente a la salud de huesos y dientes. Sin embargo, la adición de calcio carbonato (CaCO₃) a las recetas de alimentos con cereales antes del procesamiento podría ser una manera simple de lograr la relación Ca: P deseable sin alterar la palatabilidad del producto. Grano integral el trigo también contiene potenciadores de la absorción de Ca, como fructanos y / o RS, que aumentan la aparente absorción de Ca del 20 al 50% en ratas (71 - 73). Similar, la inulina aumenta la absorción de Ca en aproximadamente un 12% en humanos sujetos. Sin embargo, aunque el trigo integral sí contiene inulina, puede contener hasta 2.3 g de fructanos / 100 g que también podría aumentar la absorción de Ca al fermentación. El efecto de los oligosacáridos no digeribles tales como fructanos en la absorción y metabolismo del Ca, y hueso salud (medido por índices como el mineral óseo contenido y densidad, y / o tasa de resorción ósea / osteopenia) es cada vez más reconocido hoy, tanto en ratas como humanos.

Los resultados para P son menos concluyentes; algunos estudios tienen se muestra aumento de P en el hueso después del fructo-oligosacárido consumo en ratas, mientras que otros no han encontrado efecto. P es suministrado principalmente por ácido fólico (.85% de el P total en grano), que tiene una alta afinidad por hidroxiapatita. De hecho, la incidencia de caries dental se ha planteado la hipótesis de que es concomitante con el cambio hacia los hábitos alimenticios de las sociedades occidentales, como se mostró con bantú africano adquiriendo susceptibilidad a la caries dental a medida que adoptaron la dieta europea, a través del aumento consumo de alimentos refinados cariogénicos como los refinados Pan de azúcar y trigo blanco en el que una caries dominante evita factor ser eliminado durante el refinado proceso. P, que es abundante en trigo menos refinado harina, está implicada en este efecto. A partir de entonces, varios estudios en ratas que usan fosfatos orgánicos e inorgánicos y diferentes proporciones de Ca: P también mostraron el efecto cariostático de ácido fólico, posiblemente por su capacidad de afectar materiales orgánicos y la adsorción de bacterias al diente superficies, y también a través de su capacidad de ser rápidamente adsorbido en hidroxiapatita, formando una barrera natural resistente a los ataques de ácido y por lo

tanto para proteger los dientes de desmineralización y la formación de cavidades causando la desorción de proteínas salivales de hidroxiapatita, la primer paso en la formación de placa. Pero luego, Cole y Bowen no pudo mostrar un efecto significativo de la alimentación monos con ácido fólico durante 2 semanas en el fósforo propiedades de las placas (como pesos secos y húmedos), o sus propiedades químicas (proteínas, carbohidratos, Ca, Mg y P contenido), o la composición microbiana. Estudios adicionales en humanos, por lo tanto, son necesarios para determinar el papel cariostático del ácido fólico, y quizás de otros cereales compuestos bioactivos, en sujetos de grano entero regular dieta de cereales.

El trigo integral también contiene lignanos de mamíferos. (0.2-0.6 mg / 100 g;) que parecen proteger contra osteoporosis especialmente en la posmenopáusica peródico. Mujeres japonesas que consumen altas concentraciones de se encontró que los fitoestrógenos tienen menos fracturas de cadera que las mujeres en los Estados Unidos o Europa. Sin embargo, el efecto de los lignanos en la salud ósea aún no se ha confirmado. Para mi conocimiento, ninguna investigación ha respondido a este tema particular de El papel del consumo de cereales integrales a largo plazo en salud esquelética y fisiología ósea.

Eso se ha visto previamente que los cereales integrales son ricos en fibra (incluyendo RS) y oligosacáridos que pueden tener tanto un efecto prebiótico al favorecer el desarrollo de un microbiota saludable (294,295) y que mejora el mineral absorción por hipertrofia del epitelio intestinal. Por lo tanto, el trigo integral contiene 1.9%, su salvado tiene 3.7% y la fracción germinal 10.1% de fructanos (fructooligosacárido), rafinosa y estaquiosa. El contenido promedio de rafinosa de germen de trigo es de aproximadamente 8% y puede alcanzar 10,9%, que es bastante alto. Grano integral el trigo contiene aproximadamente 0.4% de rafinosa y el salvado de trigo tiene 1.2% El contenido de estaquiosa es menor: 0.1% en trigo integral, 0.2% en salvado de trigo y no hay datos disponible para germen de trigo Raffinose es un trisacárido compuesto de galactosa, glucosa y fructosa. La estaquiosa es un tetrasacárido formado con dos galactosas. moléculas, una glucosa y una fructosa. Que yo sepa, no hay datos publicados sobre los efectos de estos en la salud oligosacáridos de cereales integrales, aparte del hecho de que se considera que ambos refuerzan el efecto de fibra de cereales integrales, al producir SCFA en general favorable a la salud del intestino grueso. Son completamente fermentado in vitro dentro de las 48 h en presencia de un lechón inóculo fecal. Ratas alimentadas con una dieta basada en rafinosa al 3% durante 21 días tienen un aumento de peso significativamente reducido, más lactobacilos y menos estreptococos, mayor SCFA producción y, curiosamente, un TAG de plasma más bajo concentración sin efecto sobre el colesterol plasmático. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los productos fermentados (en particular panes) constituyen una parte importante del grano integral consumo de cereales en humanos; y fermentación puede conducir a la descomposición parcial de fructanos, rafinosa y estaquiosa por bacterias.

los concentración de ácido α -linolénico, un ácido graso n-3 (18:3) con muchos efectos positivos para la salud, puede alcanzar 0.5% de germen de trigo y casi el 0.2% de salvado de trigo. Una dieta que contiene aproximadamente 2.7 g de trigo rico en ácido α -linolénico el aceite de germen por día tiene un efecto antiaterosclerótico en forma moderada sujetos hipercolesterolémicos; actúa inhibiendo síntesis de CD40L mediada por el estrés oxidativo (proteína involucrado en la progresión de la aterosclerosis con propiedades inflamatorias y protrombóticas). El germen de trigo contiene 0 a 53% de ácido α -linolénico, por lo que se debe consumir aproximadamente 500 g / d para alcanzar los 2.7 g probados en el presente estudio, que no es realmente realista. Sin embargo, un regular consumo de germen de trigo como complemento nutricional y / o del aceite de germen de trigo es nutricionalmente relevante.

Fitosteroles, policosanol y melatonina, aunque presente a concentraciones más bajas, también posee numerosos positivos efectos sobre la salud. Fitosteroles, conocidos por sus efecto reductor del colesterol en humanos, son particularmente alto en germen de trigo (430 mg / 100 g) pero su los efectos sobre la salud no se conocen cuando provienen de granos integrales cereales. El policosanol es una mezcla natural de alto contenido molecular peso de alcoholes primarios alifáticos (C24 a C34) en el que octacosanol es el compuesto principal. Aunque menos estudiado nutricionalmente, el policosanol también es un agente hipolipemiante (por ejemplo, colesterol total y LDL) tanto en sujetos humanos como en animales a niveles de aproximadamente 10-20mg diarios, y también puede aumentar el colesterol HDL hasta \geq 30%, lo que lo convierte en un agente prometedor en ECV prevención y tratamiento. El trigo integral contiene aproximadamente 3 mg de policosanol / 100 g. Un estudio reciente ha demostrado que comer bolitas de chocolate suplementadas con el germen de trigo policosanol (20 mg / día) durante 4 semanas no reducir el colesterol en sangre o modificar el perfil de lípidos en sangre de sujetos humanos sanos. Una dieta que contiene aproximadamente 100 mg. policosanol / d ingerido durante 30 d redujo el aumento de

plasma LDL-colesterol en conejos hipercolesterolémicos por Reducción de la síntesis de colesterol en el hígado a través del aumento Catabolismo de LDL Alimentar policosanol a ratas por hasta 4 semanas (250 y 500 mg / kg por día) representan significativamente fracciones de lipoproteínas (VLDL y LDL) resistentes a ex vivo Oxidación mediada por Cu. En vista de estos resultados, el El contenido de policosanol del trigo integral parece demasiado bajo (aproximadamente 3 mg / 100 g) para mejorar significativamente los lípidos en la sangre perfil en humanos. Más bien, es probablemente la acción combinada de los diferentes compuestos de trigo para reducir el colesterol (por ejemplo, SCFA producido por carbohidratos no digeribles, fibra soluble, tocotrienoles, fitosteroles y policosanol) que contribuye a mejorar los lípidos en la sangre perfil a su óptimo.

La concentración de la hormona pineal de los mamíferos, melatonina, que se puede extraer de numerosas plantas, es aproximadamente 0.3mg / 100 g en trigo integral. Este compuesto tiene un efecto positivo en el estado de ánimo humano, funciones cognitivas, período de sueño prolongado y cerebro neuromodulación pero también puede ser un antioxidante y anticancerígeno. La salud efectos de la melatonina en humanos cuando se origina de no se conocen cereales integrales: en cuanto a policosanol y otros compuestos reductores del colesterol, debido a la baja contenido de melatonina del trigo integral esto es probablemente la acción combinada de la melatonina y de otros compuestos que actúan positivamente sobre la salud mental y cerebral eso tiene que ser considerado primero.

El ácido para-aminobenzoico también se ha detectado en cereales. Los valores son escasos y no recientes: los valores informados son 0.34–0.55, 1.34 y 0.852 mg / 100 g para grano entero fracciones de trigo, salvado y germen, respectivamente. Paraaminobenzoico el ácido es mejor conocido como agente protector solar que protege la piel de la radiación UV, pero también estimula el crecimiento bacteriano en el intestino y es un intermediario en la síntesis bacteriana de folatos. Además de su papel en la formación de folato, el ácido para-aminobenzoico tiene mucho se ha utilizado para tratar infecciones por rickettsias y puede provocar 11.5% de disminución en el colesterol sérico en el hombre, cuando consumido a 8 mg / día en forma de su sal de Na. Paraaminobenzoico el ácido regula negativamente la N-acetiltransferasa en cultivos de células humanas (mononucleares de sangre periférica células) - la acetilación juega un papel importante en el activación de varios carcinógenos humanos potenciales, e inhibe la producción de tromboxano que participa en la coagulación de la sangre (efecto antiagregante) y en aumento de la presión arterial por vasoconstricción. Sin embargo, estos estudios usaron ácido para-aminobenzoico concentraciones de 30–100 mM, aproximadamente 4–137 mg / l, que es mucho mayor que la cantidad que se puede obtener de comer productos de cereales integrales, como trigo integral que contiene solo 0.34–0.55 mg de ácido para-aminobenzoico / 100 g. Así como los otros compuestos bioactivos presente en bajas concentraciones en trigo integral (por ejemplo, policosanol y melatonina), el beneficio para la salud del cereal ácido para-aminobenzoico tiene que ser considerado complementario al de otros reductores del colesterol, compuestos anticancerígenos y antiagregantes.

La nutrigenómica en nutrición se dedica al estudio de la influencia de las intervenciones dietéticas en la transcripción génica (transcriptoma), síntesis de proteínas (proteoma) y metabolitos (metaboloma, el conjunto completo de metabolitos) en las células, fluidos y tejidos corporales. Uno de los más importantes Los objetivos de la nutrigenómica son detectar e identificar tempranamente trastornos metabólicos y su regulación (por ejemplo, en relación con el estrés oxidativo o la inflamación) que puede conducir a Enfermedades crónicas más graves. La posibilidad de detectar algunas enfermedades temprano podrá cambiar la nutrición clínica y prácticas de salud pública. Esto implica estudiar los efectos de compuestos bioactivos en cereales integrales en gen expresión, síntesis de proteínas y el metaboloma. En el campo de estudios nutricionales, además de la medición de habituales biomarcadores como la glucosa en plasma (por ejemplo, GI) o Parece que los peróxidos lipídicos urinarios (índice de estrés oxidativo) particularmente importante para centrarse en el metaboloma, que refleja tanto los productos finales del metabolismo como los cambios con el tiempo del metabolismo después del consumo de alimentos. Si bien se han realizado muchos estudios metabólicos con compuestos aislados, especialmente en farmacología para fármacos toxicidad, muy pocos se han hecho con alimentos complejos productos En metabólica y nutrición, solo unos pocos estudios se han realizado: para caracterizar el metabolismo efecto de restricción energética, deficiencia de vitaminas o de ingesta de aceites ricos en PUFA, alimentos ricos en antioxidantes como soja, manzanilla y té, o de dieta pura antioxidantes como epicatequina, catequina o ferúlico y ácidos sinápicos y ligninas. Los estudios sobre ratas han sido llevado a cabo utilizando el enfoque metabólico para explorar el destino metabólico y el efecto sobre el metabolismo endógeno de harinas integrales y de trigo refinado y de lignina enriquecida ligninas de salvado de trigo. Por lo tanto, se ha demostrado que el consumo de harina de trigo integral lleva a un significativo aumento en betaína hepática y GSH y disminuye en algunos lípidos hepáticos, pero no tiene efecto sobre los lípidos convencionales y biomarcadores de estrés oxidativo. También causa una mayor orina excreción de intermedios del

ciclo del ácido tricarbólico, aromáticos aminoácidos y hipurato (por degradación del ácido fólico en el colon). Cuando la dieta se cambió a trigo refinado harina, se alcanzó un nuevo equilibrio metabólico en 48 h, y a la inversa, desde harina refinada a harina integral. El enfoque metabólico también mostró que las ratas no parece metabolizar las ligninas del salvado de trigo dentro de los 2 días de el régimen, pero es probable que afecten endógenos metabolismo a través de mecanismos que deben ser dilucidado. Los resultados son convincentes en ese nuevo metabolismo los efectos se han desvelado utilizando este nuevo enfoque abierto, por ejemplo, el papel de la microbiota simbiótica en la activación mecanismos de esteatosis inducidos por la dieta o algunos específicos alteraciones de la vía metabólica en ratas diabéticas, por lo tanto Mejorar nuestra comprensión de las enfermedades y los mecanismos. responsable de ellos. Sin embargo, más significativo se podrán sacar conclusiones una vez que las bases de datos para La identificación compuesta se completa y distribuye. A que yo sepa, pocos o ningún estudio ha investigado el efecto del consumo de cereales integrales complejos y sus fracciones en la expresión génica. Las herramientas ahora están disponibles para estudiar esto, que proporcionar a información importante sobre qué rutas metabólicas reguladas por genes son estimulado por la acción sinérgica del bioactivo compuestos en cereales integrales, no la acción restringida de compuestos aislados. Por lo tanto, la nutrigenómica deberá permitir nosotros para caracterizar mejor las vías metabólicas afectadas in vivo por los antioxidantes en los cereales integrales.

El destino metabólico y los efectos sobre la salud de los principales compuestos. tales como lignina (hasta 9% en salvado de trigo), ácido fólico (hasta 0,6% en salvado de trigo), ácido fólico (hasta 6% en salvado de trigo) y betaína (hasta 1·5% en salvado de trigo) han sido poco estudiado cuando proviene de cereales integrales. Sin embargo, estos tres compuestos pueden representar aproximadamente el 11% de salvado de trigo, y por lo tanto merece ser estudiado más. El germen de trigo también merece mayor atención ya que contiene niveles bastante significativos de compuestos bioactivos tal como ácido α -linolénico (aproximadamente 530 mg / 100 g), GSH (aproximadamente 133 mg / 100 g), GSSG (aproximadamente 69 mg / 100 g), tiamina (aproximadamente 1·75 mg / 100 g), vitamina E (aproximadamente 27·1 mg de tocols totales / 100 g), flavonoides (aproximadamente 300 mg / 100 g), betaína (aproximadamente 851 mg / 100 g), colina (aproximadamente 223 mg / 100 g), mioinositol (.11 mg / 100 g) y fitosteroles (aproximadamente 430 mg / 100 g). Por lo tanto, contiene 2 a 5% de vitaminas y minerales, al menos 1·6% de compuestos lipotrópicos y 1·2% de azufre compuestos. Todos estos compuestos están involucrados en el nuevo hipótesis propuestas aquí y su correspondiente fisiológica mecanismos. Basado en hipótesis pasadas y nuevas, un visión sintética de los mecanismos subyacentes a la salud Los beneficios de los cereales integrales y sus fracciones pueden ser propuesto. El diagrama ilustra a propósito el complejidad de los mecanismos involucrados y su obvio sinergia e interconexión in vivo. Debido a esta complejidad, los compuestos bioactivos de cereales integrales se enumeran en, clasificación según los cinco principales resultados de salud generalmente considerado en la literatura: regulación del peso corporal, ECV, diabetes, cánceres y salud intestinal; mental, cerebro y la salud del esqueleto son nuevas formas propuestas para explorar. Queda una pregunta importante: ¿los compuestos bioactivos ejercen los mismos efectos cuando son compuestos libres y cuando están en cereales integrales? Esto es notable porque su biodisponibilidad en cereales integrales es probablemente inferior a los compuestos libres y porque las cantidades en los cereales integrales no coincidir con las necesidades humanas diarias. De nuevo, es probablemente el Acción resumida y combinada de todos los bioactivos compuestos en una función fisiológica particular que conduce a una mejora funciones fisiológicas específicas como el estado antioxidante y homeostasis de glucosa, especialmente cuando es de grano entero los productos se consumen diariamente, generando salud a largo plazo beneficios. Por eso es urgente llevar a cabo más in vivo estudia tanto en ratas como en humanos, para desentrañar el mecanismos complejos activados por el consumo de Alimentos altamente complejos como los cereales integrales. Estudios de intervención en sujetos humanos que consumen granos integrales. los cereales son tan raros que deberán llevarse a cabo primero. La característica no invasiva y el alto potencial de la enfoque metabólico para desentrañar nuevos metabolitos y vías metabólicas afectadas por una dieta determinada y su capacidad para explorar la complejidad inherente al metabolismo significa que debe acompañar la medición de los biomarcadores habituales para describir las acciones metabólicas del grano integral cereales en toda su complejidad. Los mecanismos descritos en La es compleja, pero sobre todo está interconectada como en todo el organismo La metabólica por lo tanto parece ser la herramienta más apropiada para estudiar tal interconexión, y así proporcionar una visión más realista de cómo los granos integrales Los compuestos bioactivos de cereales actúan en sinergia. por ejemplo, inflamación, estrés oxidativo e inmune las vías metabólicas relacionadas con el sistema son generalmente todas involucrado en cánceres, como es el caso de otros metabólicos enfermedades en las que existe un desequilibrio metabólico progresivo siguiendo una dieta poco saludable. Finalmente, los estudios genómicos son necesaria en la acción de los cereales integrales en el gen regulación, ya que los compuestos bioactivos realmente ejercen su efectos fisiológicos dentro de la célula. Mientras aislado gratis los compuestos

bioactivos pueden usarse para estudios *in vitro* en células cultivas, estudios en animales y sujetos humanos deben usar un "enfoque alimentario complejo" integrado.

La presente revisión analiza el trigo integral, ya que es uno de los cereales más consumidos, especialmente en Europa Oriental. Sin embargo, la mayoría de los compuestos bioactivos en el trigo también están presentes en otros cereales importantes como el arroz, maíz, avena, cebada, sorgo y mijo. El principal las diferencias radican en el contenido relativo de cada uno de estos compuestos, su distribución en salvado, germen y endospermo y las proporciones de las fracciones de salvado y germen. Sin embargo, compuestos como el g-orizanol, avenantramidas y las saponinas son específicas de los cereales que no sean trigo.

La proporción de la fracción de salvado varía con el cereal. tipo: para trigo, arroz y maíz, es del 10 al 16% del grano entero. La fracción de salvado en el arroz contiene aproximadamente 15-20% aceite. Este aceite es rico en compuestos bioactivos y contiene más de 100 antioxidantes diferentes, como ácido lipoico, un poderoso antioxidante que ayuda prevenir déficits cognitivos, es beneficioso en el tratamiento de Enfermedad de Alzheimer, y puede proteger contra el riesgo factores de ECV. El salvado de arroz contiene tocotrienoles (10,6 mg / 100 g), g-orizanol (281 mg / 100 g) y más a 1-2% de fitosteroles como b-sitosterol, todos los cuales puede ayudar a mejorar el perfil de lípidos en la sangre y reducir el riesgo de CVD. El salvado de arroz también contiene hasta un 21% en la dieta. fibras. El salvado de maíz tiene más fibra dietética que el trigo y salvado de arroz, alrededor del 74-79%. Contiene alrededor del 4% ácidos fenólicos, aproximadamente 50% de heteroxilanos y aproximadamente 20% celulosa, y está casi desprovisto de ligninas. Está particularmente rico en ácido ferúlico (hasta 3%), principalmente en un forma unida muy resistente a enzimas. Y, al contrario al trigo para el cual el fitato está esencialmente en la fracción de salvado, El 90% del fitato de maíz está en la fracción germinal.

Algunos compuestos bioactivos son bastante específicos para ciertos cereales: g-orizanol en arroz, avenantramidas y saponinas en avena y, aunque presente en otros cereales como el trigo, b (1! 3) (1! 4) -glucanos en avena y cebada, y alquilresorcinoles en centeno Sus mecanismos de acción y salud. Los efectos se muestran.

El g-orizanol se deriva del salvado de arroz. aceite y es una mezcla de sustancias que incluyen esteroides y ácido ferúlico, y al menos diez fitosteril ferulados (para ejemplo, metilesteroides esterificados a ácido ferúlico). Su contenido en el arroz integral es 18-63 mg / 100 g (DW) y en salvado de arroz 185-421 mg / 100 g, según la variedad de arroz, tiempo de molienda, proceso de estabilización y extracción métodos. Su actividad antioxidante ha sido demostrado *in vitro*. Sus efectos sobre la salud son diversificados, con acciones positivas contra ECV e hiperlipidemia, como se muestra en modelos animales a través de la reducción del colesterol, reducción de la peroxidación lipídica y antiaterogénico efectos y en sujetos humanos.

Avenantramidas son polifenoles específicos de la avena. Son sustituidos amidas de ácido cinámico de ácidos antraquinónicos y hay en al menos veinticinco entidades distintas. Avenantramida total contenido en cinco gamas de variedades de avena (peladas y desnudas) de 4-2 a 9-1 mg / 100 g, mientras que el grano de avena contiene 4 a 13 mg de avenantramida / 100 g (la avenantramida principal), nuevamente dependiendo del cultivar de avena. La avenantramida el contenido en salvado de avena es 1-3-12-5 mg / 100 g según el tipo de avenantramida considerado (364,365). Como polifenoles, son antioxidantes fuertes tanto *in vitro* como *in vivo*. Desempeñan un papel particular en la prevención de CVD debido a su antiinflamatorio y anti-aterogénico efectos, y al proteger el LDL de la oxidación, en sinergia con vitamina C, como se muestra en el LDL humano.

Las saponinas son glucósidos con un esteroide o triterpenoide aglicona. Se encuentran especialmente en la avena, que sintetizan dos familias de saponinas, los avenacósidos esteroideos y las avenacinas triterpenoides. El contenido de saponina, dependiendo del cultivar de avena, parece estar situado principalmente dentro del endospermo y ha sido se muestra que varía de 0-02 a 0-13% (DW) Saponinas tener una amplia gama de actividades biológicas (alrededor de cincuenta son listado por Guo, Ju, Ustundag & Mazza, como anticancerígeno e hipocolesterolémico, estimulación de el sistema inmune la reducción del colesterol. Sin embargo, no se sabe si todas estas propiedades podrán ser adscrito a saponinas de cereales. Las saponinas también están mal absorbido por el intestino.

b (1! 3) (1! 4) -Glucano en cebada y avena. Theb (1! 3) (1! 4) -el contenido de glucano de avena y cebada es especialmente alto. Contenido total, insoluble y soluble de b-glucano de cebada varían ampliamente con la variedad, la presencia del casco (es decir, casco) v. sin casco) y el contenido de amilosa. Por lo tanto, el soluble en agua El

contenido de b-glucano de la cebada es 0.5–8.3% (p / p, DW) (378 - 385), la fracción insoluble es 1.2–21.7% (p / p, DW) (379 - 381) y el contenido total de b-glucano es 3.0–27.17% (p / p, DW) l contenido total de b-glucanos var í ampliamente y puede ser atribuible, además de variedad variabilidad, al método de extracción y posible confusión en algunos estudios donde el b-glucano soluble La fracción parece confundirse con los b-glucanos totales.

El contenido soluble de b-glucanos de los granos de avena desnudos es 3.9–7.5%, y en granos de avena sin cáscara es 2.0–7.5% (p / p, DW); el contenido insoluble de los granos de avena desnudos es 5.2–10.8% y el de granos de avena sin cáscara es 13.8–33.7% (p / p, DW) (381,386). Ya se ha trabajado mucho en el efectos sobre la salud de los b-glucanos, particularmente su glucemia y propiedades reductoras del colesterol, que tienen implicaciones para diabetes tipo 2 y ECV. Como viscoso soluble fibra, reducen la velocidad del vaciado gástrico y difusión de glucosa y NEFA en células epiteliales para absorción tanto en animales como en humanos. Sin embargo, un estudio reciente realizado en sujetos sanos demostrado que el muesli enriquecido con b-glucanos de avena no tuvo más efecto en la tasa de vaciado gástrico que el muesli a base de copo de maíz, a pesar de su efecto reductor de glucosa en plasma. b-glucanos también están positivamente involucrados en la protección contra cánceres, especialmente a través de reacciones con agentes mutagénicos para evitar que interactúen con el ADN como se muestra en roedores y líneas celulares humanas.

Los alquilresorcinolos son derivados de plantas lipídicos fenólicos, especialmente encontrados en cereales integrales. Centeno contiene la mayor concentración de alquilresorcinolos, que puede ser el doble que el trigo (hasta 320 mg / 100 g DW). Son derivados de 1,3-dihidroxibenceno con un alquilo cadena en la posición 5 del anillo de benceno, lo que les da un Característica anfifílica. Aparentemente están relativamente bien absorbido dentro del intestino delgado (aproximadamente 58%) de ileostomas después del consumo de pan blando enriquecido con salvado de centeno y pan crujiente de centeno integral, haciéndolos (intactos en plasma o como metabolitos en orina) biomarcadores potenciales de centeno y trigo integrales ingesta, especialmente para investigación epidemiológica y estudios observacionales. Su actividad biológica es multifactorial, por interactuar con enzimas metabólicas (por ejemplo, inhibiendo la 3-fosfoglicerato deshidrogenasa, la enzima clave en la síntesis de TAG en los adipocitos) a Disminución del colesterol en el hígado de rata, contra el cáncer / efectos citotóxicos pero casi exclusivamente in vitro.

La aclaración de los mecanismos por los cuales el grano entero los cereales protegen nuestros cuerpos, junto con una mejor comprensión de cómo se liberan los compuestos bioactivos de la matriz de alimentos de cereales y entregados al torrente sanguíneo, proporcionar información importante para el desarrollo industrial de productos de cereales con cualidades nutricionales mejoradas. Sorprendentemente, la oferta actual de productos de cereales de un buen La calidad nutricional sigue siendo limitada. Creo que la mejor manera mejorar la calidad nutricional de los productos de cereales es combinar la preservación de un botánico relativamente intacto estructura alimentaria (en la medida en que la receta lo permita), un IG bajo característica y una alta densidad nutricional de fibra y bioactiva compuestos, mediante el uso de harina menos refinada con un mayor tasa de extracción. Estos factores son importantes pero probablemente no suficiente para asegurar que el macro o micronutriente correcto alcanza el sitio correcto de absorción para un óptimo efecto fisiológico Es por eso que cada vez más privado y la investigación pública tiene como objetivo modelar el destino de nutrientes de alimentos complejos dentro del intestino para predecir su bioaccesibilidad y así controlar su entrega para un efecto fisiológico específico.

Hay grandes diferencias entre el contenido de alimentos en un nutriente definido y el porcentaje realmente metabolizado, o incluso absorbido. Esto es especialmente cierto para los productos de cereales. donde numerosos factores vinculados a la matriz alimentaria pueden limitar La liberación de macro y micronutrientes. Ahi esta evidencia creciente de que la estructura física de lo natural matrices de alimentos a base de cereales (por ejemplo, granos de cereales intactos) o La microestructura artificial de los productos de cereales procesados. puede favorecer o limitar la biodisponibilidad de nutrientes, y por lo tanto sus efectos nutricionales. Sin embargo, las diferencias en bioaccesibilidad: biodisponibilidad de nutrientes, particularmente micronutrientes, actualmente no pueden correlacionarse con diferencias en los efectos a largo plazo sobre la salud, excepto por el efectos positivos para la salud del almidón y su llamado lentamente fracción digestible. La pregunta es por lo tanto: ¿hay una correlación positiva entre aumento o disminución bioaccesibilidad de un nutriente dado y su efecto sobre la salud? Esto probablemente depende del nutriente considerado y del estado de salud del sujeto. Por ejemplo, la liberación rápida de la glucosa de la digestión del almidón al torrente sanguíneo es ventajoso en algunas situaciones (por ejemplo, la urgente necesidad de glucosa para que funcionen el cerebro o los músculos, como para esfuerzos intelectuales y

físicos inmediatos), y perjudiciales en otras situaciones (por ejemplo, diabetes tipo 2). Lo mismo El enfoque ahora se está desarrollando para proteínas (lento v. rápido proteínas) y lípidos para los cuales su estado físico y / o sus propiedades fisicoquímicas pueden influir en la liberación de aminoácidos y ácidos grasos, respectivamente, en el sangre. El impacto metabólico significativo resultante podrá utilizarse en algunas situaciones, como la diabetes. sujetos, ancianos y para pacientes en enteral nutrición que sufre de insuficiencia pancreática adecuadamente hidrolizar lípidos.

Estudios de bioaccesibilidad in vitro y biodisponibilidad in vivo. con verduras y cereales integrales y / o sus fracciones han demostrado claramente que la estructura de los alimentos afecta biodisponibilidad de polifenoles, carotenoides, minerales, trazas elementos y vitaminas. La tabla muestra el resultados de estudios de biodisponibilidad en trigo integral productos y salvado de trigo. Todavía faltan muchos datos: estudios explorar la biodisponibilidad de compuestos en granos enteros los cereales son escasos y los productos a menudo se consumen como parte de una dieta compleja que también proporciona el mismo bioactivo compuestos de otros alimentos. Por ejemplo, estudios sobre biodisponibilidad de minerales o oligoelementos en ratas a menudo incluidas mezclas minerales que dificultaron la determinación exacta de Absorción aparente del mineral suministrado por los cereales. Por lo tanto, los productos de cereales radiomarcados deben usarse más con frecuencia para responder a esas preguntas. Los pocos datos obtenidos. muestran que los compuestos bioactivos están lejos de ser 100% biodisponible dentro del intestino delgado. No más del 5% de el ácido ferúlico en el salvado de trigo se libera en el pequeño intestino, para que la mayor llegue al colon donde puede ejercer un Acción protectora antioxidante sobre el epitelio intestinal. Sobre el Por otro lado, hay pruebas convincentes de que el pequeño proporción absorbida en el intestino delgado puede afectar la célula señalización y la activación o represión de algunos genes. Por lo tanto, de manera similar al almidón, parece que dos fracciones de ácido ferúlico se puede definir: el ferúlico rápidamente disponible ácido liberado y absorbido en el intestino delgado (es decir, libre y soluble-conjugado) y ácido ferúlico lentamente disponible liberado gradualmente principalmente en el colon (es decir, unido al éster) cada fracción tiene sus propios beneficios para la salud.

Betaína (aproximadamente 0,9% de salvado de trigo), a diferencia de ácido ferúlico, probablemente es mucho más biodisponible ya que es no ligado a otros componentes: ¿es necesario reducir la velocidad? su liberación y favorecer que una fracción llegue al colon, por ejemplo, para mejorar su efecto anticancerígeno? Lo mismo problema, que es la biodisponibilidad óptima para alcanzar, podrá ser cuestionado por polifenoles como lignanos y alquilresorcinoles, vitaminas y minerales, y fitosteroles. los El problema del ácido fítico es ligeramente diferente. Necesitamos que saber hasta qué punto es razonable pre-hidrolizarlo para combinar una biodisponibilidad mineral máxima con Su efecto antioxidante en el intestino contra los radicales libres producido por microbiota, y de su potencial hipoglucemiante efecto también.

De lo contrario, el caso de la fibra aún no está resuelto para el grano integral. trigo que contiene más fibra insoluble que soluble fibra (soluble: la relación de fibra total es aproximadamente 0.16; calculado a partir de): cuál será la proporción óptima de soluble: total fibra para llegar? No se sabe en qué medida será beneficioso para aumentar el contenido de fibra soluble, por ejemplo, prehidrolizando los arabinoxilanos insolubles en solubles arabinoxilanos (soluble: la relación total de arabinoxilanos es aproximadamente 0.18; calculado a partir). Las fibras solubles pueden ser beneficioso para la salud al reducir la glucosa posprandial respuesta a través del aumento de la viscosidad, pero también pueden ser perjudiciales, por ejemplo, aumentando El riesgo de cáncer de colon .

Siempre que tenga beneficios positivos para la salud, el rango por el cual Los procesos industriales pueden mejorar la bioaccesibilidad y Por lo tanto, la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos de los cereales es grande. Este enfoque se ha aplicado al almidón con éxito, al controlar su entrega en el intestino por haciéndolo más lentamente hidrolizado (es decir, lentamente digerible almidón) dentro del intestino delgado, o haciéndolo inaccesible a la amilasa (es decir, RS), de modo que una fracción de el almidón llega al colon donde se fermenta al anticancerígeno butirato de molécula, el combustible preferido para colonocitos (ver Cereales integrales y producción de butirato sección). Los tecnólogos saben cómo modular el proporciones de estas tres fracciones en productos de cereales, es decir almidón rápido, lento e indigesta. RS es representativo de las diferentes formas en que pueden ser utilizados por los criadores y tecnólogos para controlar la entrega de un compuesto, es decir almidón, dentro del tracto digestivo. Se ha visto que el RS El contenido de productos integrales puede ser muy alto, hasta 12% en granos de cebada ordinarios e incluso 22% combinando estructura botánica intacta con una cebada alta en amilosa variedad (54). La formación de RS puede ser tecnológicamente favorecido a través de la encapsulación de almidón dentro de los alimentos de cereales matriz por proteínas o redes de fibra (RS1), restringiendo el almidón gelatinización de

gránulos (RS2), el uso de cereales con alto contenido de amilosa variedades con un alto contenido de almidón retrogradado (RS3) y / o modificación química como la acilación (RS4). RS es ahora considerado como un compuesto prebiótico que puede positivamente modificar el crecimiento de la microbiota en calidad y cantidad dentro del colon. Si los tecnólogos pueden modificar parámetros de procesamiento como temperatura, extrusión presión, retrogradación y / o modificación química a aumentar el contenido de RS, los criadores pueden seleccionar alto contenido de amilosa variedades de cereales, la amilosa se digiere más lentamente que la amilopectina

La figura 5 muestra las formas en que la calidad nutricional de los cereales integrales se pueden mejorar. Hay principalmente tres: las condiciones de crecimiento, el enfoque genético y a través de procesos tecnológicos.

Las condiciones de crecimiento, para Por ejemplo, el uso de fertilizantes adecuados puede aumentar la contenido de cereales de Se, Mg, Fe y Zn con posible efectos fisiológicos modificados en humanos. Un aumento en estrés ambiental, por ejemplo, estrés hídrico, frío o exposición a microorganismos, puede favorecer la síntesis de antioxidantes por la planta para combatir este estrés. Esto tiene se ha demostrado con a-tocoferoles, carotenoides y betaína en plántulas de trigo y raíces de remolacha azucarera a temperatura y ambientes con estrés salino.

El enfoque genético usando herramientas convencionales (acción indirecta sobre genes) como cruzamiento e hibridación para combinar variedades altas en algunos compuestos bioactivos, por ejemplo, Zn, Fe y pro-vitamina A, y / o baja en otros, por ejemplo, ácido fólico y herramientas no convencionales (directa acción sobre genes) como la ingeniería genética para modificar la expresión génica en relación con la síntesis de nutrientes y / o el metabolismo puede usarse para mejorar la nutrición calidad de cereales integrales. Por estos medios, el amilosa, RS, arabinosilano y mineral / los contenidos de vitamina pueden modificarse (es decir, aumentarse en mayoría de los casos).

Además de crecer condiciones y genética, la tercera forma de mejorar la La calidad nutricional de los productos de cereales es a través de la tecnología procesos. La literatura sobre ellos es pletórica, pero es no es un objetivo del presente documento para revisarlos. Sin embargo, algunos temas clave pueden enfatizarse ya que Permitir optimizar los beneficios para la salud del cereal conservando su densidad nutricional y estructura alimentaria.

Los cereales son Generalmente procesado de dos maneras principales. El primero es seco fraccionamiento seguido de cocción en diferentes condiciones de contenido de agua, temperatura y presión, como para pasta, galletas, cereales para el desayuno y otros productos a base de cereales. ampliamente consumido en los países occidentales. El segundo es fermentación. Esto se usa generalmente para cereales integrales en los procedimientos más tradicionales utilizados para muchos granos integrales alimentos consumidos en países desarrollados y varios bebidas alcohólicas (por ejemplo, cerveza, sake, whisky, etc.) consumido en todo el mundo. Un paso fermentativo estimula las actividades enzimáticas, lo que generalmente aumenta la contenido de compuestos bioactivos libres. Productos de pan combinar ambos enfoques mediante molienda en seco, fermentación y cocinando.

Debido a la reducción de colesterol y glucosa en plasma propiedades de la fibra soluble y su bajo contenido en trigo, debido a los numerosos efectos sobre la salud del ácido ferúlico libre, y debido al efecto negativo relativo del ácido fólico sobre el mineral biodisponibilidad, diferentes formas de prehidrolizar insoluble fibra (por ejemplo, b-glucanos o arabinosilanos insolubles) en fibra soluble con endohidrolasas unidas a éster ácido ferúlico en ácido ferúlico libre con feruloilesterasas, y ácido fólico con exógeno o fitasas endógenas (es decir, mediante la adición de hongos degradantes y enzimas microbianas, ingeniería genética para sobreexpresar actividad de fitasa y procesos alimentarios para activar endógenos fitasas han sido consideradas con el objetivo de Aumentar el potencial bioactivo del cereal integral alimentos, y al final su valor nutricional.

Prácticamente, esto también podrá lograrse en parte utilizando procesos tradicionales y naturales como la germinación, remojo y / o fermentación en un medio altamente hidratado. La fermentación de cereales integrales como el trigo, maíz, arroz, sorgo y mijo, germinados o no, a menudo en combinación con semillas leguminosas (por ejemplo, soja y garbanzo), está muy extendido en países y Oriente para cereales integrales bebidas, gachas y papillas (por ejemplo, koko, doro, ogi, akasa, tuo zaafi y togwa en África; idli en India; shoyu en el oriente; chicha en América del Sur; o kishk en árabe países). Aumenta la densidad nutricional de la productos, protege contra la diarrea, es fácil de aplicar, permite una buena conservación de los productos (útil, por ejemplo, para desplazamientos largos), puede mejorar la calidad sensorial y es barato. Antes de la fermentación, grano entero. los cereales generalmente están empapados, germinados, secos y gruesos suelo con una piedra de moler. Fermentación, por enzimas

activadoras, pueden liberar compuestos bioactivos unidos, sintetizar nuevos compuestos bioactivos, degradar antinutrientes e incrementar la digestibilidad de proteínas y almidón. Esto va acompañado de numerosas posibilidades de salud positiva efectos revisados recientemente, por ejemplo, intestino mejorado salud o reducción de la tasa de degradación del almidón. Por lo tanto, la germinación y la fermentación se han utilizado para trigo integral, centeno, maíz, sorgo y mijo en orden para disminuir el contenido de tanino y ácido fítico, ya que ambos compuestos deterioran la biodisponibilidad mineral, lo que lleva a deficiencia y anemia en países en desarrollo, y también en para aumentar la digestibilidad de proteínas / gluten y almidón y la concentración de aminoácidos libres mejorada actividades proteolíticas y α -amilolíticas. Pre fermentación de masa fermentada (incubación durante 24 h a 30°C con bacterias del ácido láctico) para la harina de trigo integral se degrada alrededor del 60-70% del ácido fítico en la masa de pan (en comparación con el contenido inicial de harina) en 4 h, aumentando así el Mg bioaccesibilidad *in vitro* e *in vivo* en ratas. En otro estudio, el tipo de iniciador para la fermentación de masa madre y el tipo de materia prima (nativa v. malteada o germinada centeno) se demostró que influye en el contenido en bioactivo compuestos de la harina de centeno integral resultante. la combinación de germinación y fermentación aumentó el niveles de folatos (7 veces), ácidos fenólicos libres (10 veces), total compuestos fenólicos (4 veces), lignanos (3 veces) y alquilresorcinoles, pero, en menor medida (1, 5 veces) el metabolismo actividades de microbios junto con la descomposición y la hidrólisis de algunas paredes celulares de cereales estuvo involucrada en este efecto. Por el contrario, una fermentación de masa madre de 4 h de la harina de trigo integral conduce a pérdidas de alquilresorcinol.

La fermentación del salvado de centeno también mejora la ferulica libre. ácido y la solubilización de pentosanos a través de xilanas activación. Recientemente, un mayor nivel de ferulico libre se ha informado ácido (un aumento de aproximadamente 2 veces) dentro de pizza de masa integral a las 18 y 48 h de fermentación, así como un aumento en la solubilización de pentosano e hidrólisis de prolamina en masa madre de centeno germinado. Esto podría tener implicaciones nutricionales prácticas como discutido anteriormente con ácido ferulico libre, y también desde Se ha demostrado que la fracción soluble de arabinoxilanos reduce la respuesta glucémica en sujetos sanos o en aquellos con intolerancia a la glucosa. En el otro Por otro lado, se sabe que las proteínas prolaminas desencadenan la enfermedad celíaca (trastorno autoinmune debido a la intolerancia al gluten) y sus pre-hidrólisis intensiva durante la germinación y fermentación podría producir productos de cereales a partir de estas tecnologías seguro para celíacos. Por último, fermentación de grano entero. Se ha informado de cereales en varios estudios para aumentar la contenido de metionina y vitaminas B disponibles, como tiamina, riboflavina, niacina, folatos y ácido pantoténico, a través de la acción de microorganismos. A pesar de todo esto resultados convincentes, los beneficios para la salud de la hidrólisis y / o La liberación de compuestos bioactivos libres de granos enteros. productos de cereales mediante germinación y / o fermentación no han sido suficientemente explorados en humanos.

La adición de un paso de fermentación previa antes del procesamiento otros productos de cereales, como los que generalmente son ampliamente consumido en nuestras sociedades occidentales (por ejemplo, desayuno cereales o galletas saladas), también deben estudiarse más. Un reciente estudio demostró que agregar un paso de pre fermentación mientras omitiendo la cocción al vapor antes del procesamiento de hojuelas de trigo conservado una calidad nutricional satisfactoria al mejorar el manejo de la sensación de hambre en la mañana y mejorando moderadamente la economía de la insulina, que podría ser de interés para sujetos con diabetes tipo 2.

Los panes integrales y integrales generalmente están hechos de harinas con una tasa de extracción del 85-90% (harinas tipo 80). Hornear estas harinas no degrada suficientemente el ácido fítico o hidratar la fracción de fibra. Estas harinas tampoco generalmente contienen la fracción germinal, lo que lleva a una pérdida de B vitaminas Una alternativa sería agregar 20 a 30% de granos integrales harina (con una tasa de extracción del 100%) para trigo blanco harina. La harina integral se puede fermentar previamente en un medio fuertemente hidratado con levadura, y luego reincorporado en harina blanca para hornear para evitar la hidratación compitiendo con gluten y fibra. Esto agrega la fracción germinal junto con un aumento significativo de compuestos bioactivos mientras que degrada parcialmente el ácido fítico. De masa fermentada los panes integrales de cebada y trigo también reducen la respuesta glucémica en sujetos sanos a través de retraso vaciado gástrico y posiblemente a través de un mayor contenido de RS, prolongando así la saciedad con beneficios potenciales en peso control

3.Resultados

Como preservar intacto lo botánico estructura en productos de cereales integrales y favoreciendo compacidad de los productos de cereales procesados como la pasta reduce las respuestas glucémicas e insulínicas y aumenta la saciedad, los cuales son útiles en el manejo de diabetes tipo 2 y regulación de peso, cereal procesado Es necesario

identificar productos con mayor cohesión. Esta puede lograrse artificialmente creando proteínas y / o fibras redes en la matriz alimentaria para dificultar la accesibilidad enzimática a su sustrato dentro del intestino delgado, usando intacto granos de cereales con una red fibrosa natural, y / o por alterando las intensidades de amasado y el tiempo de prueba durante la cocción para obtener panes con una textura de miga más densa. Algunos También he tratado, con relativo éxito, de aumentar el grosor de las hojuelas de cereales para el desayuno para reducir su glucemia e índices insulínicos en sujetos sanos. Mas uso frecuente de cereales integrales más o menos intactos los granos en las recetas de comida parecen los más prometedores y fáciles y la forma más barata de explorar por tecnologías.

Dado que la mayoría de los compuestos bioactivos están en la capa de aleurona del salvado y desde el pericarpio (especialmente la fracción externa compuesta de celulosa, los pentosanos y las ligninas son poco digestibles) pueden contener contaminantes (pesticidas, micotoxinas y metales pesados), compuestos antinutrientes, irritantes para el epitelio digestivo (por ejemplo, ligninas y fibra insoluble) y puede limitar la biodisponibilidad de compuestos bioactivos, diferentes procesos para aislar la capa de aleurona del salvado de trigo han sido investigado, con el objetivo de reincorporarlo en recetas de alimentos con cereales. Esto parece ser una nueva forma de Mejorar el valor nutricional de los productos de cereales. Los la capa de aleurona representa aproximadamente del 6 al 9% de la trigo integral Algunos investigadores han estudiado la calidad nutricional de la harina de aleurona y demostró que La capa de aleurona es una rica fuente de ácido fólico disponible en humanos, que disminuye la homocisteína plasmática aumenta la producción de SCFA, reduce el adenoma de colon en ratas tratadas con azoximetano, y que es más digerible (p17%) y fermentable (p30%) que el salvado de trigo, entonces produciendo más butirato. También tiene un mayor antioxidante actividad que el salvado de trigo (1,5 veces) y el trigo integral (2 veces) in vitro. Sin embargo, aislar la aleurona capa de la fracción de salvado significa perder los beneficios para la salud de ligninas (principalmente en las capas externas de pericarpio y testa del fracción de salvado), que parecen ser significativas y permanecen en gran parte desconocido (ver arriba). El beneficio a largo plazo de que consumen fracciones de salvado y aleurona en varias fisiológicas parámetros y problemas de salud importantes es por lo tanto un cuestión importante que debe explorarse para evaluar la valor nutricional real de las ligninas y decidir si las pocas efectos fisiológicos negativos generalmente asociados con Las ligninas son superadas por sus efectos positivos. El problema es cercano al del ácido fólico, que también tiene efectos negativos y Efectos fisiológicos positivos. Sin embargo, la cuestión de preservar la lignina será lo más significativo en el caso de cereales integrales orgánicos que no deben contener pesticidas en su pericarpio externo.

Por lo tanto, la calidad nutricional de los productos de cereales puede ser mejorado por las condiciones agrícolas, genéticas y tecnológicas procesos. Agricultura orgánica, genética, el uso de un etapa de fermentación previa y de un grano más o menos intacto estructura son probablemente las formas más prometedoras para preservar y mejorar la densidad nutricional de los alimentos integrales. La fermentación previa de masa fermentada también podrá usarse para otros Cereales integrales como cereales para el desayuno. El primero El parámetro descrito en la figura 5 es el proceso de molienda, y el La mejor manera de preservar una alta densidad nutricional en bioactivo compuestos es utilizar harinas con altas tasas de extracción. Debería recordar que el trigo integral, el salvado de trigo y el germen de trigo contiene, respectivamente, al menos 15, 52 y al menos 24% de compuestos bioactivos y fibra dietética (Tabla 1). Eliminar la fracción de salvado durante la molienda y usarla para Por lo tanto, alimentar a los animales es un tema a considerar más seriamente.

Los compuestos bioactivos en los cereales integrales son distribuido de manera desigual. Algunos (principalmente fibra soluble, Se, algunas vitaminas B, carotenoides y flavonoides) son presente en cantidades significativas en el endospermo, pero la mayoría están en el salvado (especialmente la capa de aleurona) y el germen fracciones Este hecho solo muestra la importancia de preservando estas fracciones en productos de cereales, al menos en las formas más consumidas actualmente de panes y desayunos cereales, y en menor medida pastas, galletas y bizcochos.

Algunos productos se consumen en ocasiones especiales (p. Ej. generalmente no en el desayuno, almuerzo o cena), como pasteles, pasteles y viennoiseries, utilice harinas muy refinadas (extracción tasa de 70-82%), y probablemente no sea significativo usar Harinas menos refinadas. Para preservar las fracciones de salvado y germen significa reincorporar fracciones más adelante en la receta o utilizando el cereal integral para mantener su botánica estructura relativamente intacta durante el procesamiento. Sin embargo, la reincorporación de las fracciones de salvado y germen implica destruyendo la estructura botánica con la pérdida de su salud beneficios (por ejemplo, mayor saciedad o contenido de RS), a menos que los procesos tecnológicos puedan producir un producto de cereal con una estructura alimenticia artificial compacta como para pasta o panes con volumen de pan disminuido.

4. Conclusiones

El contenido de compuestos bioactivos individuales en su conjunto, el grano a menudo parece demasiado bajo para que puedan tener efectos fisiológicos duraderos. Cada vez es más evidente que la acción sinérgica de varios bioactivos compuestos contribuye a la protección de la salud y / o la mantenimiento de una función fisiológica, no solo una compuesto. La figura 1 y la tabla 4 ilustran este concepto de 'paquete integral': por lo tanto, la obesidad / regulación del peso corporal, ECV, diabetes tipo 2, cánceres, intestino, mental / nervioso la salud del sistema y del esqueleto puede estar potencialmente protegida por al menos, respectivamente, diez, treinta y cuatro, diecisiete, treinta y dos, diez, veintiséis y dieciséis compuestos bioactivos diferentes y / o grupos de compuestos (es decir, oligosacáridos, tocoles, ácidos fenólicos, flavonoides, saponinas, inositoles, g-orizanol, lignanos y alquilresorcinoles). Debido a sus muchos compuestos bioactivos protectores (al menos veintiséis), los cereales integrales son particularmente adecuados para proteger el cuerpo de CVD, cánceres y sistema mental / nervioso trastornos. La protección a largo plazo contra enfermedades mentales o trastornos del sistema nervioso al consumir cereales integrales. Por lo tanto, los productos merecen ser estudiados en seres humanos, especialmente porque la depresión se encuentra entre las principales causas de mortalidad y discapacidad con una prevalencia general de 5–8%. También es notable que al menos treinta pueden participar compuestos y / o grupos de compuestos en protección antioxidante a través de diferentes mecanismos, que corresponde aproximadamente a un total de al menos 3 · 9, 13 · 4 y 6 · 3% del trigo integral, salvado de trigo y fracciones de germen. Como la mayoría enfermedades crónicas y relacionadas con la edad están asociadas con aumento del estrés oxidativo, el consumo regular de los productos de cereales integrales deberían beneficiarnos a todos, pero particularmente los ancianos.

La importancia de los pesticidas y micotoxinas. Dado que los cereales integrales incluyen por definición el exterior partes del grano, pueden contener pesticidas y micotoxinas (por ejemplo, zearalenona y desoxinivalenol en trigo o fumonisina en maíz). Su presencia no debe disminuir los beneficios de los compuestos bioactivos también principalmente contenido en las capas externas. Por ejemplo, puede haber un relación entre el consumo de fumonisincontaminado maíz en algunas regiones del mundo (por ejemplo, China y Sudáfrica) y la aparición de cánceres de esófago. Sin embargo, de manera más general, el consecuencias del consumo a largo plazo de grandes cantidades de granos de cereales contaminados con micotoxinas para la salud humana (es decir, efectos toxicológicos) no se conocen bien. El enlace entre algunos tipos de cáncer y la exposición a pesticidas ha sido bien establecido, particularmente entre los agricultores. Está por lo tanto particularmente relevante que las recomendaciones para el consumo de más productos de cereales integrales debe ir acompañado de la producción de menos cereales contaminados, como los de la agricultura orgánica desprovisto de pesticidas.

Es sorprendente notar que, aunque numerosos epidemiológicos las encuestas han demostrado una significativa y positiva asociación entre el consumo de cereales integrales y la prevención de varias enfermedades crónicas, menos estudios se han realizado sobre los mecanismos involucrados. Por ejemplo, que yo sepa, no más de once estudios han examinado la hipótesis antioxidante por postprandial o estudios de intervención en sujetos humanos para investigar el efecto antioxidante de cereales integrales, salvado o germen, con solo un reciente estudio posprandial sobre sujetos humanos que consumen salvado de trigo. Por lo tanto, hay una brecha real entre los estudios observacionales y la aclaración de la mecanismos involucrados. Los mecanismos son ciertamente complejo, como se ha visto. Pero se necesitan más datos sobre los mecanismos involucrados para preparar fuertes y convincentes argumentos para un mayor consumo de granos integrales productos de cereales por parte del público, para informar mejor a la salud profesionales sobre sus beneficios para la salud, para favorecer su comercialización por parte de la industria alimentaria y para desarrollar nueva salud reclamaciones en el futuro cercano.

Referencias

- [1] Baghaie, A.H., Aghili, F. "Health risk assessment of Pb and Cd in soil, wheat, and barley in Shazand County, central of Iran", (2019) *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17 (1), pp. 467-477.
- [2] Shariq, L. "Health risks associated with arsenic and cadmium uptake in wheat grain irrigated with simulated hydraulic fracturing flowback water", (2019) *Journal of Environmental Health*, 81 (6), pp. E1-E9.
- [3] Singh, J. "Paddy and wheat stubble blazing in Haryana and Punjab states of India: A menace for environmental health", (2018) *Environmental Quality Management*, 28 (2), pp. 47-53.
- [4] Wang, S., Liu, F., Wu, W., Hu, Y., Liao, R., Chen, G., Wang, J., Li, J. "Migration and health risks of nonylphenol and bisphenol a in soil-winter wheat systems with long-term reclaimed water irrigation", (2018) *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 158, pp. 28-36.

- [5] Bergin, A., Davies, E.B. “Technology Matters: Mental health apps – separating the wheat from the chaff”, (2020) *Child and Adolescent Mental Health*, 25 (1), pp. 51-53.
- [6] Müller, M., Hermes, G.D.A., Canfora, E.E., Holst, J.J., Zoetendal, E.G., Smidt, H., Troost, F., Schaap, F.G., Damink, S.O., Jocken, J.W.E., Lenaerts, K., Masclee, A.A.M., Blaak, E.E. “Effect of wheat bran derived prebiotic supplementation on gastrointestinal transit, gut microbiota, and metabolic health: a randomized controlled trial in healthy adults with a slow gut transit”, (2020) *Gut Microbes*.
- [7] Ghanati, K., Zayeri, F., Hosseini, H. “Potential health risk assessment of different heavy metals in wheat products”, (2019) *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 18 (4), pp. 2093-2100.
- [8] Vuholm, S., Nielsen, D.S., Iversen, K.N., Suhr, J., Westermann, P., Krych, L., Andersen, J.R., Kristensen, M. “Whole-grain rye and wheat affect some markers of gut health without altering the fecal microbiota in healthy overweight adults: A 6-week randomized trial”, (2017) *Journal of Nutrition*, 147 (11), pp. 2067-2075.
- [9] Golley, S., Corsini, N., Mohr, P. “Managing symptoms and health through self-prescribed restrictive diets: What can general practitioners learn from the phenomenon of wheat avoidance?”, (2017) *Australian Family Physician*, 46 (8), pp. 603-608.
- [10] Landberg, R., Åman, P., Hallmans, G., Johansson, I. “Long-term reproducibility of plasma alkylresorcinols as biomarkers of whole-grain wheat and rye intake within Northern Sweden Health and Disease Study Cohort”, (2013) *European Journal of Clinical Nutrition*, 67 (3), pp. 259-263.
- [11] O'Sullivan, K. “The superior benefits of wheat bran fibre in digestive health”, (2012) *European Gastroenterology and Hepatology Review*, 8 (2), pp. 90-93.
- [12] Molist, F., Hermes, R.G., De Segura, A.G., Martín-Orúe, S.M., Gasa, J., Manzanilla, E.G., Pérez, J.F. “Effect and interaction between wheat bran and zinc oxide on productive performance and intestinal health in post-weaning piglets”, (2011) *British Journal of Nutrition*, 105 (11), pp. 1592-1600.
- [13] Shewry, P.R. “The HEALTHGRAIN programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health”, (2009) *Nutrition Bulletin*, 34 (2), pp. 225-231.
- [14] Borres, N., Nilsson, N., Drake, I., Sjölander, S., Nilsson, C., Hedlin, G., Nordlund, B. “Parents' perceptions are that their child's health-related quality of life is more impaired when they have a wheat rather than a grass allergy”, (2017) *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 106 (3), pp. 478-484.
- [15] Moreira-Rosário, A., Pinheiro, H., Calhau, C., Azevedo, L.F. “Can wheat germ have a beneficial effect on human health? A study protocol for a randomised crossover controlled trial to evaluate its health effects”, (2016) *BMJ Open*, 6 (11), art. no. e013098.
- [16] Scherf, K.A., Köhler, P. “Wheat and gluten: Technological and health aspects”, (2016) *Ernahrungs Umschau*, 63 (8).
- [17] De-Regil, L.M., Finkelstein, J.L., Sæterdal, I., Gaitán, D., Peña-Rosas, J.P. “Fortification of wheat and maize flour with folic acid for population health outcomes”, (2016) *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016 (4), art. no. CD012150.
- [18] Nestle, M. “Meat or wheat for the next millennium?’ Plenary lecture. Animal v. plant foods in human diets and health: Is the historical record unequivocal?”, (1999) *Proceedings of the Nutrition Society*, 58 (2), pp. 211-218.
- [19] Stein, H.F. “The annual cycle and the cultural nexus of health care behavior among Oklahoma wheat farming families”, (1982) *Culture, Medicine and Psychiatry*, 6 (1), pp. 81-99.
- [20] Parkins, R.A. “The metabolic activity of human small intestinal biopsies in health and celiac sprue. The effect of wheat gliadin.”, (1966) *Gastroenterology*, 51 (3), pp. 345-356.