



O USO DA INULINA NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

O foco na prevenção de doenças por meio dos alimentos vem conquistando cada vez mais espaço no mercado. A inulina é um importante ingrediente alimentício, que pode ser largamente explorada pela indústria visando a produção de alimentos funcionais.

ESTRUTURA E FONTES

A inulina, um polímero de D-frutose, é um carboidrato de reserva em plantas que pertence ao grupo de polissacarídeos denominados frutanas e pode ser encontrada em uma grande variedade de plantas, aproximadamente 36.000 espécies. As frutanas podem ser classificadas em levanas, um polímero linear com ligações tipo $\beta(2\rightarrow6)$; compostos ramificados, polímeros que contêm ligações tipo $\beta(2\rightarrow6)$ e $\beta(2\rightarrow1)$; e a inulina, classificada como um polímero linear com ligações glicosídicas $\beta(2\rightarrow1)$, sendo uma frutana polidispersa, ou seja, composta por um conjunto de polímeros e oligômeros lineares de frutose. As unidades de β -D-frutofuranosil são guardadas entre si por uma ligação do tipo $\beta(2\rightarrow1)$ e contém uma molécula de glicose na porção inicial de cada cadeia linear de frutose, unida por uma ligação do tipo ($\alpha1 - \beta2$).

A inulina é definida como um frutooligossacarídeo (FOS) constituído por uma mistura de oligômeros de diferentes graus de polimerização, onde é natural ocorrer em produtos vegetais. Quando as inulinas são produzidas por diferentes variedades de plantas, diferentes estágios do ciclo de crescimento da planta e/ou sob alterações nas condições climáticas, este nutriente apresenta diferentes graus médios de polimerização. E estes diferentes graus

de polimerização prejudicam suas propriedades físicas, afetando a viscosidade e a habilidade de formação de gel.

Por meio da hidrólise (ácida ou enzimática) da inulina é gerado oligômeros lineares, definidos como GF_n (constituída por glicose e frutose, onde “n” exerce o número de unidades frutofuranosil), e F_m (constituída apenas pela frutose, onde “m” representa o número de unidades frutofuranosil obtidas). Tanto GF_n quanto F_m apresentam propriedades físico-químicas similares, entretanto o grupo terminal de frutose em F_m é redutor, enquanto o GF_n não é redutor. Estes oligômeros de frutose são denominados de frutoaçúcar, frutooligossacarídeos (FOS) ou, de forma simplificada e mais conhecida, de oligofrutoses.

A inulina é derivada da raiz da chicó-

ria (*Cichorium intybus*), uma erva bi-anual da família das *Compositae*, nativa da Europa e da Ásia, posteriormente cultivada em todo o mundo, utilizada na alimentação e como planta medicinal. É encontrada também em muitas plantas que fazem parte da dieta humana básica há muito tempo, sendo a cebola a mais consumida entre elas. A concentração de inulina em cada planta depende muito da variedade, do tempo decorrido desde a colheita até a utilização e das condições de estocagem. Na cebola, por exemplo, dependendo destes fatores, a concentração de inulina pode chegar a até 50% da matéria seca. Outros vegetais do mesmo gênero que contêm inulina são alho-porró e alho, os quais apresentam, respectivamente, 18% a 60% e 22% a 40%, da matéria seca em inulina.

Existem ainda outros vegetais que contêm consideráveis concentrações de inulina e são bastante consumidos.

Entre eles, estão o asparago que contém, em base



seca, cerca de 30% de inulina nas raízes; a alcachofra, que apresenta 65% em inulina; a barba de bode, com mais de 50% da matéria seca; e as raízes tuberosas de dália, que fornecem, em base seca, um rendimento de 50% de inulina.

Além dos vegetais, muitos cereais também contêm inulina. Entre eles estão o trigo, a cevada e o centeio, com concentrações variando entre 1% a 4%.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A inulina é um carboidrato solúvel em água, com solubilidade dependente da temperatura. À temperatura de 10°C, a solubilidade da inulina é de 6%, ao passo que a 90°C, cresce para aproximadamente 35%. Por essa razão, quando a inulina é resfriada ou congelada, ocorre uma precipitação dos frutooligossacarídeos, provocada pela redução da temperatura.

Em razão da inulina não apresentar uma solubilidade fixa em relação à temperatura, este nutriente quando resfriado pode apresentar uma fase precipitada com característica mais viscosa e uma fase sobrenadante de menor viscosidade. À medida que a concentração de inulina aumenta, a viscosidade aumenta gradativamente, o que implica diretamente na formação de gel, na qual a inulina tem que atingir uma certa quantidade de concentração em que se apresente em pequenas partículas. Desse modo, quando o nível de inulina em solução alcança 30% de sólidos, a ligação entre inulina/água inicia a gelificação. Quando o nível de inulina aumenta em torno de 40% a 45%, a formação de gel é quase instantânea.

Um dos fatores que prejudica as características do gel é a disponibilidade de água. No entanto, outros fatores podem afetar o gel, como o grau de polimerização (tamanho da cadeia de inulina), concentrações de mono e dissacarídeo presentes, método de preparação, temperatura e adição de outros hidrocolóides e cátions mono e divalentes.

A estabilidade da maioria dos frutooligossacarídeos (FOS) é bastante estável em pH superiores a 3 e em temperaturas maiores do que 140°C. Assim,



sob refrigeração, as soluções aquosas de frutooligossacarídeos (FOS) possuem a capacidade de se manterem estáveis por vários meses ou até por mais de um ano.

A comercialização da inulina é realizada, preferencialmente, com o produto em pó, obtido através da secagem por atomização (*spray dryer*). Essa escolha está relacionada às facilidades de manipulação, transporte, armazenamento e consumo.

INGREDIENTE FUNCIONAL

Os primeiros estudos sobre os efeitos da inulina em seres humanos saudáveis surgiram no início do século 20. Nos últimos 10 anos, houve um aumento significativo no número de publicações relacionadas aos benefícios funcionais e nutricionais da inulina. Posteriormente, o status da inulina passou de um simples interesse científico para um produto industrial com muitas aplicações, estimulando a pesquisa relacionada a sua produção e uso.

A inulina é um prebiótico, ou seja, um ingrediente alimentício não digerível que produz efeito benéfico no hospedeiro, estimulando o crescimento seletivo e/ou a atividade metabólica de um número limitado de bactérias no cólon.

Uma importante característica da inulina está associada às suas propriedades nutricionais, atuando no sistema digestivo de maneira similar às fibras dietéticas, contribuindo para o incremento dos benefícios das bifidobactérias

e, conseqüentemente, para a melhoria das condições de todo o sistema gastrointestinal.

Quase toda a inulina ingerida é fermentada pela microbiota intestinal, sendo convertida em ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), lactato, biomassa bacteriana e gases. Somente o metabolismo dos ácidos graxos de cadeia curta e do lactato contribuem para o metabolismo energético do hospedeiro.

As perdas calóricas devem-se ao fato de parte da energia ser usada para a síntese de biomassa microbiana, o que produz gases, como hidrogênio, metano e dióxido de carbono. Somente uma fração do valor da energia original é conservada nos ácidos graxos de cadeia curta, mas ainda assim, tecidos do hospedeiro usam somente parte da energia dos ácidos graxos de cadeia curta, sendo que alguns dos ácidos graxos de cadeia curta são excretados. Entretanto, o lactato é largamente absorvido e pode ser uma fonte de energia para as próprias bactérias.

O valor calórico das substâncias obtidas da fermentação da inulina foi estimado em 1 a 3 kcal/g.

A inulina estimula a função intestinal mediante o incremento da frequência de trânsito fecal, aumentando o volume fecal em 2g por grama de inulina ingerida e diminuindo o pH. Em estudos, esse efeito foi observado principalmente em indivíduos que sofrem de constipação.

Um dos efeitos nutricionais mais conhecidos da inulina é sua ação na estimulação do crescimento de bifidobactérias no intestino. Mesmo doses pequenas, como 2,5g de inulina, ingeridas duas vezes por dia, podem ter efeitos benéficos na saúde, estimulando o crescimento de bifidobactérias.

O cólon é um ecossistema complexo que possui 400 tipos diferentes de bactérias, algumas das quais desempenha papel na promoção da saúde. Entre essas bactérias estão os Lactobacilos e as Bifidobactérias. Essas bactérias são alimentadas com prebióticos, como a inulina, o que lhes permite combater os microrganismos patogênicos encontrados no cólon e, assim, contribuir para a saúde do indivíduo. Esse efeito da inulina em microrganismos benéficos é conhecido como efeito bifidogênico. Em muitos casos, é usada em combinação com probióticos (microrganismos vivos que são adicionados à dieta para promover a saúde), tendo efeito sinérgico sobre os benefícios para a saúde, ou seja, os probióticos exercem sua função benéfica, enquanto que os prebióticos, como a inulina, favorecem seu crescimento e desenvolvimento. A

combinação de probióticos com prebióticos é conhecida como simbiose e os alimentos que a apresentam são chamados de simbióticos.

A inulina é resistente a digestão na porção superior do trato intestinal, alcançando o intestino grosso praticamente intacta, onde é fermentada pelas bactérias, podendo, então, ser classificada como fibra alimentar solúvel.

A evidência da relação entre fibra alimentar e doença cardiovascular aterosclerótica é muito forte e surgiu a partir de estudos em animais, observações epidemiológicas e de um número limitado de ensaios clínicos. Após vários estudos sobre essa relação, concluiu-se que uma dieta deficiente em fibras poderia contribuir para uma maior incidência de doenças coronárias. As fibras alimentares, especialmente as solúveis ou viscosas, efetivamente diminuem o colesterol sérico e as concentrações de colesterol LDL, que tem papel fundamental na patogênese da aterosclerose. Os efeitos das fibras solúveis ou viscosas na diminuição do colesterol estão relacionadas com suas propriedades de formação de gel, diminuição da absorção de ácidos biliares e a ação dos ácidos

graxos de cadeia curta produzidos na fermentação sobre a função hepática.

Entre as terapias farmacológicas e não farmacológicas para tratamento das doenças cardiovasculares, está a ingestão de fibras alimentares. O consumo de fibra, principalmente solúvel, diminui os triglicérides séricos e as concentrações de colesterol LDL, o que contribui para a proteção contra doenças cardiovasculares.

De acordo com um estudo realizado pelo Instituto de Endocrinologia e Nutrição da Universidade de Valladolid, o aumento na ingestão de 3 gramas de inulina em um biscoito enriquecido reduz os níveis de colesterol LDL em pacientes obesos.

Os benefícios para a saúde fornecidos pela inulina incluem ainda diminuição no risco de diabetes e câncer de cólon, bem como aumento na absorção de cálcio e melhora da atividade imunológica.

Além disso, a inulina é considerada um alimento funcional, uma vez que seus componentes (que podem ou não ser nutritivos) têm efeito em uma ou várias funções do organismo, causando efeito positivo na saúde e na redução do risco de doenças.

A diabetes está em segundo lugar entre as causas da mortalidade. Estudos evidenciaram que um aumento no fornecimento de fibra solúvel (até 50g/dia), a partir de alimentos naturais e não sob a forma de suplementos, melhora ainda mais os níveis glicêmicos pós-prandiais. No entanto, quanto ao efeito da inulina na redução das concentrações plasmáticas de glicose, existe controvérsia. Alguns estudos ressaltam não terem observado efeito sobre a alteração nos níveis de glicose no plasma, enquanto que outros, alegam que a inulina demonstrou reduzir a glicemia e a insulinemia e, outros ainda, afirmam que as variações na glicemia não foram estatisticamente significantes no estudo.

A influência protetora e inibidora da inulina no desenvolvimento do câncer e crescimento de tumor vem sendo muito discutida. A inulina estimula seletivamente o crescimento de bifidobactérias e mantém em níveis baixos os Bacteroides, Clostridia ou Coliformes, contribuindo na prevenção de câncer de cólon. Estudos demonstraram que a administração de



inulina aumenta significativamente as bifidobactérias fecais, produtoras do ácido láctico, diminuindo o pH fecal e criando um microambiente bactericida para bactérias putrefativas, desenvolvendo, assim, um microambiente favorável, o qual pode envolver, também, a modulação de enzimas bacterianas, como β -glicuronidase, que pode converter procarcinógenos em carcinógenos.

Estudos demonstraram a atividade imunoestimulante da inulina em ratos; sua ingestão resultou em aumento na produção de macrófagos que eliminam células cancerosas.

Estudos demonstraram, ainda, uma capacidade aumentada de detoxificação do fígado em ratos alimentados com inulina. A produção de glutatión-S-transferase e glucoroniltransferase foi aumentada. Estas enzimas metabolizadoras de xenobióticos podem exercer um papel importante contra produtos carcinogênicos.

Embora os prováveis mecanismos pelos quais a inulina inibe as lesões pré-neoplásicas do cólon não sejam completamente entendidos, estudos sugerem que os efeitos deste agente pode envolver a modulação da microbiota no cólon. Segundo pesquisadores, a fermentação da inulina é mais rápida e produz relativamente mais ácido butírico e menos ácido propiônico do que os farelos de cereais. Este butirato é capaz de inibir a proliferação de um grande número de células *in vitro*, inclusive, de células tumorais.

Embora a atuação do butirato não seja o único mecanismo pelo qual a inulina pode inibir o câncer de cólon, pode explicar, em parte, porque este agente parece ser protetor. Estudos mostraram que a apoptose foi significativamente maior no cólon de ratos alimentados com inulina, quando comparado com o grupo padrão alimentado com dieta basal. Sabe-se que fatores que aumentam a apoptose podem reduzir as chances de formação de tumor no cólon.

A administração de suplementos dietéticos, como a inulina, favorece o crescimento de probióticos, sendo muito eficaz na redução do adenocarcinoma do cólon. Além disso, a inulina contribui para a dilatação de carcinogênicos fecais e promotores de tumores, simplesmente



pela presença de um maior volume fecal e pela sua capacidade de induzir a secreção colônica; é restauradora da microflora intestinal e corrige a constipação, melhorando o equilíbrio intestinal e contribuindo, dessa forma, para reduzir o contato de substâncias cancerígenas com o epitélio colônico, prevenindo o desenvolvimento de câncer de cólon.

Efeitos adicionais à saúde, devidos ao aumento da absorção de minerais, principalmente o cálcio, também são relacionados ao consumo de inulina. Em estudos, a ingestão frequente de inulina diminui ou preveniu a perda de massa óssea, cálcio e fósforo dos ossos de ratos gástricotomizados e a perda de densidade mineral óssea por ratos ovariectomizados. O aumento da absorção de minerais em ratos alimentados com estes carboidratos foi associado à diminuição do pH do íleo e cécon, hipertrofia das paredes do cécon e aumento nas concentrações de ácidos graxos voláteis, ácidos biliares, cálcio, fosfato e diminuição no magnésio, no conteúdo cecal.

Não foi observado nos estudos efeitos na absorção de cálcio e ferro em humanos adultos após a ingestão de inulina. Entretanto, foi observado que a inulina aumentou a absorção de cálcio, mas não a absorção de magnésio, ferro e zinco em humanos. Trabalhos futuros são ainda necessários para a validação dos resultados obtidos com relação à absorção de minerais.

A osteoporose é uma doença que consiste na diminuição dos minerais nos ossos. A ingestão de prebióticos provoca

a formação de ácidos orgânicos de cadeia curta no cólon, devido a fermentação dos mesmos, e a diminuição do pH no lúmen intestinal, aumentando a ionização de elementos como cálcio e magnésio, o que facilita a sua absorção por difusão passiva, combatendo, assim, a doença.

Entre outras propriedades benéficas da inulina, pesquisas têm revelado um possível desempenho no aumento da atividade imunológica (com relação a câncer ou tumores). No entanto, as pesquisas relacionadas a esse efeito ainda são limitadas, uma vez que não foram realizados estudos para avaliar a atividade de linfócitos ou outros testes de função imune.

APLICAÇÃO INDUSTRIAL

A aplicação da inulina na indústria de alimentos deve-se, principalmente, as propriedades que a tornam capaz de substituir o açúcar ou a gordura, com a vantagem de não resultar em incremento calórico. Pode ser empregada como ingrediente em uma série de alimentos em panificação, produção de assados, tortas, biscoitos, recheios, sobremesas, temperos, cereais, iogurtes, produtos lácteos, sorvetes e balas, entre outros. Sua utilização em produtos com baixa caloria e teor de gordura reduzido já é bastante difundida em países da Europa, nos Estados Unidos e no Canadá.

A propriedade da inulina de substituir gordura se baseia na formação de partículas de gel com água, quando submetida a uma força de cisalhamento.

to. O gel resultante apresenta textura similar a da gordura e confere o paladar desejado. Diferente das fibras insolúveis, cuja grande capacidade de absorção de água afeta a viscosidade, a inulina pode substituir a gordura imobilizando a água durante a formação das partículas de gel. Além disso, a inulina possui sabor neutro e não apresenta nenhum impacto sobre as propriedades sensoriais.

A inulina é utilizada na formulação de alimentos com baixo nível de calorias, carboidratos, zero açúcar e zero gordura, atendendo a demanda dos consumidores por produtos que ajudem no combate à obesidade e outras numerosas doenças relacionadas à alimentação.

A inulina pode ser utilizada em combinação com um ou mais edulcorantes intensos, contribuindo não apenas com um dulçor parcial, mas também oferecendo uma redução de 50% das calorias em comparação ao açúcar, além de benefícios prebióticos e a habilidade de mascarar os sabores indesejados associados aos edulcorantes intensos.

A capacidade de mascarar sabores indesejados da inulina também pode ser utilizada para remover o sabor persistente e característico associado a formulações enriquecidas com vitaminas ou receitas com ingredientes à base de soja.

Um benefício adicional quando se usa a inulina da chicória é sua propriedade de potencializador de sabor, aumentando a intensidade percebida dos sabores de frutas em uma formulação, por exemplo.

Uma mistura de acessulfame-k e aspartame com inulina apresenta efeito sinérgico quantitativo na intensidade do dulçor correspondente a 15% a 35%,

dependendo da aplicação e formulação. Sinérgias também podem ser obtidas em iogurtes, por exemplo, usando uma combinação de oligofrutose com sucralose ou com sucralose/acessulfame-k.

Quando se utiliza a inulina natural em combinação com edulcorantes intensos, em alimentos e bebidas, além de substituir o açúcar e melhorar o sabor, também estão adicionando fibras prebióticas à mistura. Estas representam uma defesa adicional através da alimentação contra a obesidade e diabetes, além de outras desordens digestivas que a fibra alimentar, de um modo geral, impacta de forma positiva.

A inulina pode fazer parte da composição intrínseca dos alimentos ou ser adicionada a eles. Ao adicionar a inulina em farinhas destinadas a elaboração de massas, permite um bom índice de inchaço e firmeza do produto, com melhor índice nutricional e menor índice glicêmico, reduzido em 15%. A inulina também é conhecida por sua capacidade de estabilizar espumas e emulsões no seu estado hidratado, especialmente quando incorporada em 1% a 5%. Além disso, é caracterizada pela formação de géis aquosos que tendem a ser cada vez menos plásticos à medida que a concentração deste polissacarídeo aumenta.

São usadas como substitutos da gordura, porque os frutanos hidratados em concentrações de 40% a 45%, adotam uma textura e palatabilidade muito semelhantes. A taxa de substituição é equivalente a 0,25g de inulina por 1g de gordura, reduzindo o teor de energia de 37,6 kJ/g de gorduras para 2,09 kJ/g da inulina hidratada. É aplicada em alimentos com alto teor de umidade, como sorvetes, produtos lácteos e,

inclusive, salsichas. Estudos com iogurtes indicam que uma quantidade máxima de 1% de inulina em leite desnatado é capaz de gerar um produto comparável em atributos sensoriais com um iogurte feito com leite integral, sem efeitos opostos sobre a ação das culturas lácteas inicialmente usadas em sua elaboração.

Quando a inulina é utilizada como aditivo em sorvete é

capaz de evitar o crescimento de cristais de água no produto acabado e reduzir a perda de fluidos, além de melhorar a viscosidade e o tempo de fusão, sem produzir efeitos sensoriais negativos.

No caso de edulcorantes, a substituição é mais limitada, uma vez que a doçura da inulina é apenas 30% da gerada pela sacarose, razão pela qual a substituição é geralmente parcial, especialmente com edulcorantes fortes com os quais, geralmente, há uma grande sinérgia; na indústria de panificação, a inulina como substituto do açúcar permite que seja obtida uma massa mais suave.

A inulina é utilizada como suplemento ou como substituto de macronutrientes. Como suplemento, é adicionada para aumentar o teor de fibra alimentar dos alimentos. Essas adições geralmente são 3g a 6g por porção, somando até 10g em casos excepcionais. Quando são adicionados aos alimentos, estes últimos podem declarar atividade bifidogênica. Como substitutos de macronutrientes, é usada principalmente para substituir gorduras e, assim, reduzir seu conteúdo calórico.

Do mesmo modo, sua recente aplicação na elaboração de medicamentos é de grande importância. Sendo digerível apenas pelas bactérias da microflora intestinal, tem sido usada como cobertura de medicamentos para tratar doenças do cólon, de modo que a liberação de seu princípio ativo seja exclusivamente nessa área.

A inulina é considerada um ingrediente GRAS pela FDA desde 1992, podendo ser usada sem restrições em formulações alimentícias, inclusive, às destinadas para bebês.

A inulina é amplamente utilizada em todo o mundo na elaboração de alimentos funcionais, devido aos seus benefícios para a saúde e suas propriedades tecnológicas na formulação de vários produtos. O conceito de nutrição não se concentra mais apenas em aspectos como a sobrevivência, a fome e a prevenção de efeitos adversos, mas sim em enfatizar o uso de alimentos como promotores de saúde e reduzir o risco de várias doenças. Portanto, o desenvolvimento de alimentos funcionais oferece uma oportunidade única de contribuir para o aumento da qualidade dos alimentos oferecidos aos consumidores.



EL USO DE INULINA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

El foco en la prevención de enfermedades por medio de los alimentos viene conquistando cada vez más espacio en el mercado. La inulina es un importante ingrediente alimenticio, que puede ser ampliamente explotada por la industria para la producción de alimentos funcionales. La inulina, un polímero de D-fructosa, es un carbohidrato de reserva en plantas que pertenece al grupo de polisacáridos denominados fructanas y se puede encontrar en una gran variedad de plantas, aproximadamente 36.000 especies. Se define como un fructooligosacárido (FOS) constituido por una mezcla de oligómeros de diferentes grados de polimerización, donde es natural ocurrir en productos vegetales.

La inulina es derivada de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*), una hierba bianual de la familia de las *Compositae*, nativa de Europa y de Asia, posteriormente cultivada en todo el mundo, utilizada en la alimentación y como planta medicinal. Se encuentra también en muchas plantas que forman parte de la dieta humana básica desde hace mucho tiempo, siendo la cebolla la más consumida entre ellas. La concentración de inulina en cada planta depende mucho de la variedad, del tiempo transcurrido desde la cosecha hasta la utilización y las condiciones de almacenamiento.

Además de los vegetales, muchos cereales también contienen inulina. Entre ellos están el trigo, la cebada y el centeno, con concentraciones que oscilan entre el 1% y el 4%.

Los primeros estudios sobre los efectos de la inulina en seres humanos sanos surgieron a prin-

cipios del siglo 20. En los últimos 10 años, hubo un aumento significativo en el número de publicaciones relacionadas con los beneficios funcionales y nutricionales de la inulina. Posteriormente, el status de la inulina pasó de un simple interés científico para un producto industrial con muchas aplicaciones, estimulando la investigación relacionada a su producción y uso.

La inulina es un prebiótico, es decir, un ingrediente alimentario no digerible que produce efecto benéfico en el huésped, estimulando el crecimiento selectivo y/o la actividad metabólica de un número limitado de bacterias en el colon.

La inulina se considera un alimento funcional, ya que sus componentes (que pueden o no ser nutritivos) tienen efecto en una o varias funciones del organismo, causando un efecto positivo en la salud y en la reducción del riesgo de enfermedades.

El consumo de inulina está relacionado con diversos beneficios a la salud relacionados con enfermedades cardiovasculares, tracto gastrointestinal, diabetes, cáncer de colon, osteoporosis y actividad inmunológica. La aplicación de la inulina en la industria de alimentos se debe principalmente a las propiedades que la hacen capaz de sustituir el azúcar o la grasa, con la ventaja de no resultar en un incremento calórico. Se puede emplear como ingrediente en una serie de alimentos en panificación, producción de asados, tartas, galletas, rellenos, postres, condimentos, cereales, yogures, productos lácteos, helados y dulces, entre otros. Su uso en productos con baja caloría y contenido de grasa reducido ya es bastante difundida en países de Europa, Estados Unidos y Canadá. La propiedad de la

inulina de sustituir grasa se basa en la formación de partículas de gel con agua, cuando es sometida a una fuerza de cizallamiento. El gel resultante presenta una textura similar a la de la grasa y confiere el paladar deseado. A diferencia de las fibras insolubles, cuya gran capacidad de absorción de agua afecta la viscosidad, la inulina puede sustituir la grasa inmovilizando el agua durante la formación de las partículas de gel. Además, la inulina tiene un sabor neutro y no tiene ningún impacto en las propiedades sensoriales.

La inulina se utiliza en la formulación de alimentos con bajo nivel de calorías, carbohidratos, cero azúcar y cero grasa, atendiendo a la demanda de los consumidores por productos que ayuden en el combate a la obesidad y otras numerosas enfermedades relacionadas con la alimentación. La inulina puede usarse en combinación con uno o más edulcorantes intensos, contribuyendo no sólo con un dulzor parcial, pero también ofreciendo una reducción del 50% de las calorías en comparación con el azúcar, además de beneficios prebióticos y la habilidad de enmascarar los sabores no deseados asociados a los edulcorantes intensos.

La capacidad de enmascarar los sabores no deseados de la inulina también puede ser utilizada para eliminar el sabor persistente y característico asociado a formulaciones enriquecidas con vitaminas o recetas con ingredientes a base de soya.

Un beneficio adicional cuando se usa la inulina de la achicoria es su propiedad de potencializador de sabor, aumentando la intensidad percibida de los sabores de frutas en una formulación, por ejemplo.

Una mezcla de acesulfamo-k y aspartame con inulina presenta un efecto sinérgico cuantitativo en la intensidad del dulzor correspondiente al 15% al 35%, dependiendo de la aplicación y formulación. Las sinergias también se pueden obtener en yogures, por ejemplo, usando una combinación de oligofruktosa con sucralosa o con sucralosa/acesulfamo-k.

Cuando se utiliza la inulina natural en combinación con edulcorantes intensos, en alimentos y bebidas, además de sustituir el azúcar y mejorar el sabor, también están añadiendo fibras prebióticas a la mezcla. Estas representan una defensa adicional a través de la alimentación contra la obesidad y la diabetes, además de otros desórde-

nes digestivos que la fibra alimentaria, en general, impacta de forma positiva.

La inulina puede formar parte de la composición intrínseca de los alimentos o añadirse a ellos. Al agregar la inulina en harinas destinadas a la elaboración de masas, permite un buen índice de hinchazón y firmeza del producto, con mejor índice nutricional y menor índice glucémico, reducido en un 15%. La inulina también es conocida por su capacidad de estabilizar espumas y emulsiones en su estado hidratado, especialmente cuando se incorpora en un 1% a un 5%. Además, se caracteriza por la formación de geles acuosos que tienden a ser cada vez menos plásticos a medida que la concentración de este polisacárido aumenta.

Se utilizan como sustitutos de la grasa, porque los frutales hidratados en concentraciones de 40% a 45%, adoptan una textura y palatabilidad muy similares. La tasa de sustitución es equivalente a 0,25g de inulina por 1g de grasa, reduciendo el contenido de energía de 37,6kJ/g de grasas a 2,09kJ/g de la inulina hidratada. Se aplica en alimentos con alto contenido de humedad, como helados, productos lácteos y incluso salchichas. Los estudios con yogures indican que una cantidad máxima de 1% de inulina en leche desnatada es capaz de generar un producto comparable en atributos sensoriales con un yogurt hecho con leche integral, sin efectos opuestos sobre la acción de los cultivos lácteos inicialmente utilizados en su elaboración.

Cuando la inulina se utiliza como aditivo en helado, es capaz de evitar el crecimiento de cristales de agua en el producto acabado y reducir la pérdida de fluidos, además de mejorar la viscosidad y el tiempo de fusión, sin producir efectos sensoriales negativos.

En el caso de los edulcorantes, la sustitución es más limitada, ya que la dulzura de la inulina es sólo el 30% de la generada por la sacarosa, razón por la cual la sustitución es generalmente parcial, especialmente con edulcorantes fuertes con los que generalmente hay una gran sinergia; en la industria de

panadería, la inulina como sustituto del azúcar permite obtener una masa más suave.

La inulina se utiliza como suplemento o como sustituto de macronutrientes. Como suplemento, se añade para aumentar el contenido de fibra alimentaria de los alimentos. Estas adiciones generalmente son de 3g a 6g por porción, sumando hasta 10g en casos excepcionales. Cuando se agregan a los alimentos, estos últimos pueden declarar actividad bifidogénica. Como sustitutos de macronutrientes, se utiliza principalmente para sustituir las grasas y, por lo tanto, reducir su contenido calórico.

De igual modo, su reciente aplicación en la elaboración de medicamentos es de gran importancia. Siendo digerible sólo por las bacterias de la microflora intestinal, se ha utilizado como cobertura de medicamentos para tratar enfermedades del colon, de modo que la liberación de su principio activo sea exclusivamente en esa área.

La inulina es considerada un ingrediente GRAS por la FDA desde 1992, pudiendo ser usada sin restricciones en formulaciones alimenticias, incluso, a las destinadas a los bebés.

La inulina es ampliamente utilizada en todo el mundo en la elaboración de alimentos funcionales, debido a sus beneficios para la salud y sus propiedades tecnológicas en la formulación de varios productos. El concepto de nutrición no se concentra más en aspectos como la supervivencia, el hambre y la prevención de efectos adversos, sino en enfatizar el uso de alimentos como promotores de salud y reducir el riesgo de varias enfermedades. Por lo tanto, el desarrollo de alimentos funcionales ofrece una oportunidad única de contribuir al aumento de la calidad de los alimentos ofrecidos a los consumidores.