

O ALIMENTO FUNCIONAL INULINA E SUAS ATIVIDADES BIOLÓGICAS

INULINA, THE FUNCTIONAL FOOD AND ITS BIOLOGICAL ACTIVITIES

*Mariana de Oliveira Mauro**

*Priscila Lumi Ishii***

*Rodrigo Juliano Oliveira****

RESUMO:

O aumento do aparecimento de doenças crônicas, tais como patologias cardiovasculares, cerebrovasculares e câncer, está intimamente associado ao estilo de vida da população e sua maior exposição a resíduos industriais, urbanos, domésticos e agrônômicos. Estudos epidemiológicos sugerem que o aumento do consumo de frutas, vegetais e fibras na dieta são inversamente proporcional à incidência de tais patologias crônicas. O consumo adequado de nutrientes é essencial para uma função imune normal e assim para a prevenção de doenças como o câncer. Frente a este quadro há necessidade da inserção de alimentos com características funcionais, de fácil acesso e boa palatabilidade à população. O frutoligossacarídeo inulina é um alimento com características de fibra alimentar e alimento funcional, extraído principalmente da raiz da chicória e encontrado em inúmeros outros vegetais. Desta forma, o presente estudo objetiva elucidar as atividades biológicas de quimioproteção e ação antitumoral do alimento funcional inulina.

PALAVRAS CHAVE: Inulina, câncer, doenças crônicas, alimento funcional, fibra.

ABSTRACT:

The increase in the occurrence of chronic diseases such as cardiovascular diseases, strokes and cancer are closely associated with the lifestyle of the population and its greater exposure to industrial waste, urban, domestic and agricultural. Epidemiological studies suggest that the increased consumption of fruits, vegetables and fiber in the diet are inversely proportional to incidence of such chronic diseases. The consumption of adequate nutrients is essential for normal immune function and thus to the prevention of diseases such as cancer. In front of this framework is needed for insertion of food with features, easy access and good palatability the population. The frutoligossacarídeo inulina is a food with characteristics of dietary fiber and functional food, extracted mainly from the chicory root and found in many other plants. Thus, this study aims to elucidate the biological activities of quimioproteção and antitumour activity of functional food inulina.

KEYWORDS: Inulin, cancer, chronic diseases, functional food, fiber.

53

R
E
V
I
S
T
A

Graduanda de Biomedicina do Centro Universitário Filadélfia de Londrina (UniFil) - mari_mauro84@hotmail.com

** Graduanda de Nutrição do Centro Universitário Filadélfia de Londrina (UniFil).

*** Graduação em Ciências Biológicas - Modalidade Bacharelado e Licenciatura. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, São Paulo, Brasil. Especialização em Análises Clínicas Aplicada à Reprodução Humana. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, São Paulo, Brasil. Mestrado em Genética e Biologia Molecular. Universidade Estadual de Londrina, UEL, Brasil. Doutorando em Biologia Celular e Molecular. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, São Paulo, Brasil.- rjo_bio@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O século XX é marcado por um aumento da expectativa de vida, pois com o advento de medicamentos contra patógenos infecciosos o número de mortes por doenças agudas diminuiu radicalmente. Em contrapartida doenças crônicas degenerativas, tais como patologias cardiovasculares, cerebrovasculares e câncer aumentam cada vez mais. Diferentemente das doenças agudas, doenças com tamanha cronicidade têm origens multifatoriais, as quais são cada vez mais agravadas com a evolução da sociedade.

Portanto, o desenvolvimento de estratégias preventivas tem levado ao aumento da expectativa e qualidade de vida. Desta forma, a prevenção hoje é amplamente estudada (DE FLORA & FERGUSON, 2005). Atualmente mais de 500 agentes químicos estão sendo analisados em relação à sua atuação na quimioprevenção do câncer. Cerca de 25 classes químicas diferentes apresentam esse potencial (FERGUSON, 1994).

Estudos epidemiológicos sugerem que o aumento de consumo de frutas, vegetais e fibras na dieta reduz o aparecimento de tais patologias (REDDY, 1999). O consumo adequado de nutrientes é essencial para uma função imune normal, mas o crônico consumo de dietas ricas em gordura e proteínas de origem animal está associado ao crescimento da incidência de cânceres, em especial de cólon/reto (BUDDINGTON et al., 2002).

Etiologicamente o aparecimento de neoplasias se dá por inúmeros fatores, como a dieta, o meio ambiente e fatores genéticos, mas há consideráveis evidências de que a flora bacteriana do intestino está ligada ao desenvolvimento de câncer de cólon/reto. Tal fato aumentou o interesse em dietas que contenham agentes que possam modificar a microflora e diminuir o potencial de risco de câncer de cólon (BURNS, 2004; McBAIN & McFARLANE, 2001).

54

A inulina, um frutoligossacarídeo que apresenta características de fibra alimentar (CHERBUT, 2002), apresenta-se em inúmeros estudos como um alimento que atua modificando a microflora intestinal. Desta forma, surge o interesse de analisar esta fibra frente aos eventos mutagênicos e carcinogênicos, além de outras ações biológicas deste alimento.

INULINA: CARACTERÍSTICAS, FIBRA ALIMENTAR E ALIMENTO FUNCIONAL

QUÍMICA E NOMENCLATURA

Segundo Roberfroid (2005), quimicamente a inulina é um tipo linear de carboidratos polidisperso, sendo estes compostos essencialmente, se não exclusivamente, de ligações frutifrutose β (2 \rightarrow 1) ligações ocorridas entre um carbono anomérico de um monossacarídeo a qualquer monossacarídeo seguinte por meio de suas hidroxilas, com a saída de uma molécula de água (HAULY & MOSCATTO, 2002). A estrutura molecular da inulina pode ser vista na Figura 1.

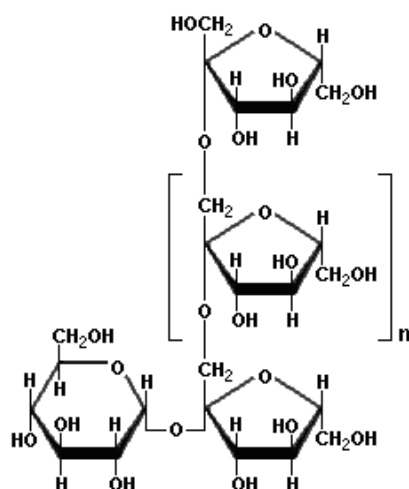


Figura 1. Estrutura molecular da inulina (adaptado de Haully & Moscatto, 2002).

As frutanas podem ser classificadas em: levanas, polímeros lineares com ligações tipo β (2 \rightarrow 6); compostos ramificados, polímeros que possuem ligações tipo β (2 \rightarrow 6) e β (2 \rightarrow 1); e inulina, que é um polímero linear com ligações glicosídicas β (2 \rightarrow 1) (ROBERFROID, 1993).

As unidades de β -D-frutofuranosil são mantidas entre si por ligações do tipo β (2 \rightarrow 1) e possuem uma molécula de glicose na porção inicial de cada cadeia linear de frutose, a qual é unida por uma ligação tipo (α 1 \rightarrow β 2), como na molécula de sacarose (ROBERFROID, 1993). O grau de polimerização destas cadeias (em média 30 unidades) pode alcançar 60 unidades de frutose (DE LEENHEER; HOEBREGS, 1994; VAN HAASTRECHT, 1995; IUB-IUPAC, 1982).

55

A única unidade que tem sido até agora utilizada industrialmente para a extração do frutano inulina pertence à família Compositae, como, por exemplo, a *Cichorium intybus*, popularmente conhecido como chicória (ROBERFROID, 2005).

O termo oligofrutose é mais frequentemente empregado para descrever inulinas de cadeia curta, obtidas por hidrólise parcial da inulina extraída da chicória. O termo frutoligossacarídeo tende a descrever misturas de frutanos do tipo inulina de cadeia curta, sintetizados a partir da sacarose. Os frutoligossacarídeos consistem de moléculas de sacarose, compostas de duas ou três subunidades de frutose adicionadas enzimaticamente pela ligação β (2 \rightarrow 1) à subunidade frutose da sacarose (SAAD, 2006). Logo, o termo inulina é empregado para identificar os frutanos do tipo inulina, provenientes da extração industrial da raiz da chicória.

A inulina e os frutanos são presentes em vários vegetais como a cebola, banana, alho, aspargos e chicória e sua recomendação diária de consumo é estimada entre 3 a 11g (VAN LOO et al., 1995).

INULINA COMO FIBRA ALIMENTAR

As fibras alimentares foram definidas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1988) como resíduos de células vegetais resistentes à hidrólise pelas enzimas alimentares humanas. No Brasil, o Ministério da Saúde, por meio da portaria nº 41, de 14/01/1988 define Fibras Alimentares como qualquer material comestível de origem vegetal que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano, determinado segundo o método enzimático

gravimétrico 985.19 da AOAC, 15ª edição, 1990 ou edição mais atual (HAULY & MOSCATTO, 2002).

Segundo Milner (1999), para que um alimento seja classificado como funcional ele deve: (I) exercer efeito metabólico ou fisiológico que contribua para a saúde física e para a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas; (II) fazer parte da alimentação usual; (III) possuir efeitos positivos obtidos pelas de quantidades não tóxicas que devem persistir mesmo após a suspensão de ingestão e (IV) não deve ser utilizado com o intuito de tratar ou curar doenças.

Ferguson (1994) afirma que as fibras alimentares são compostos vegetais presentes na parede celular de plantas, que inclui os poli e oligossacarídeos não amido. As fibras alimentares são conhecidas pelos efeitos positivos que trazem para a saúde de um modo geral. Elas podem ser classificadas como solúveis, insolúveis ou mistas, podendo ser fermentáveis ou não-fermentáveis (CHERBUT, 2002).

Tais definições remetem a algumas características da inulina. Segundo Cherbut (2002), as ligações β -Dfrutofuranosil que constituem a maioria das ligações glicosídicas das moléculas de inulina e de oligofrutoses não são degradadas por secreções salivares e pancreáticas de mamíferos, sendo então fermentados e por isso aumentam o bolo fecal.

As características que enquadram a inulina na categoria de fibra alimentar são muitas, para um melhor entendimento de seus atributos segue abaixo um quadro comparativo sugerido por Roberfroid (2005):

FIBRAS ALIMENTARES	INULINA
<ul style="list-style-type: none">• Componentes das células de plantas comestíveis;• Carboidratos (tanto oligossacarídeos como polissacarídeos);• Resistentes à hidrólise pelas enzimas alimentares de humanos;• Resistentes à absorção no intestino delgado;• Hidrolisadas e fermentadas (parcial ou totalmente) pelas bactérias no intestino grosso.	<ul style="list-style-type: none">• Encontrada na composição de plantas comestíveis;• Carboidrato composto por uma mistura de oligossacarídeos ou oligossacarídeos e polissacarídeos;• Resistência à hidrólise pelas enzimas digestivas humanas;• Não é absorvida no intestino delgado;• É hidrolisada e completamente fermentada pela nossa microbiota intestinal, sendo convertida em ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), lactato, biomassa bacteriana e gases.

É inegável a íntima relação entre as fibras alimentares e a inulina, por este motivo, diversos autores colocam este frutano na categoria de fibra alimentar.

Sabe-se que a deficiência de fibras na dieta aumenta o risco de desenvolvimento de distúrbios intestinais, como constipação, diverticulite, hemorróidas e câncer colorretal, além de contribuir com distúrbios sistêmicos, tais como doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade (JENKINS et al., 1999).

Esta notável habilidade das fibras estabelecerem um equilíbrio em diversos sistemas do organismo enquadra este frutano na categoria de alimentos funcionais.

INULINA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Marcadores biológicos são características dos alimentos funcionais e comprovação de sua função no organismo. Estes marcadores são, por exemplo, aumento do número de bactérias não-patogênicas no organismo, as quais auxiliam na digestão e absorção de nutrientes, aumento da tolerância à lactose e imunestimulação (BORGES, 2001).

Dentre as classes de alimentos funcionais este estudo destaca a ação prebiótica da inulina. Alimentos prebióticos são definidos por Roberfroid (2002) como ingredientes da dieta alimentar que não são digeridos e que afetam benéficamente o estímulo do crescimento seletivo e/ou a atividade de um número limitado de bactérias no cólon. Tais alimentos modulam a microflora intestinal, levando à predominância de bactérias potencialmente benéficas, tais como lactobacilos e bifidobactérias.

Para um ingrediente de alimento ser classificado como um prebiótico ele deve cumprir os seguintes critérios: (I) não ser hidrolisado nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal; (II) ser fermentado seletivamente no cólon por uma ou um número limitado de bactérias potencialmente benéficas como, por exemplo, as bifidobactérias e os lactobacilos, que são estimulados a crescerem e/ou se tornarem metabolicamente ativos; (III) ser capaz de alterar a microflora do cólon para uma composição mais saudável, por exemplo, aumentando o número de espécies sacarolíticas enquanto reduzem microorganismos putrefativos (KOLIDA et al., 2002).

Roberfroid (2002) afirma que o único prebiótico que fornece dados suficientes para permitir uma avaliação de sua ação são as frutanas, dentre elas a inulina. Como anteriormente citado, a inulina escapa da digestão do trato gastrointestinal superior quase intacta, sendo fermentada, e a partir deste momento agindo como alimento prebiótico (ROBERFROID, 2005), estimulando o crescimento de bifidobactérias.

Entre os efeitos benéficos das bifidobactérias, pode-se citar: (I) proteção contra infecções intestinais; (II) redução do pH intestinal através da formação de ácidos após a assimilação dos carboidratos; (III) supressão das bactérias patogênicas e putrefativas; (IV) produção de vitaminas; (V) ativação da função intestinal, otimizando a digestão e a absorção; e (VI) estimulação da resposta imune (KOLIDA et al., 2002).

A predominância das bifidobactérias no intestino grosso é essencial para a manutenção da saúde e prevenção de muitas doenças. Portanto, uma boa estratégia é o enfoque nos prebióticos, uma vez que são substratos seletivos para o crescimento das bifidobactérias. A inulina e a oligofrutose são exemplos de tais prebióticos (OLIVEIRA, 2006).

Outras ações fisiológicas que elevam a inulina a cargo de alimento prebiótico são a melhora do fluxo intestinal e o aumento do peristaltismo do intestino grosso. Estes fatos diminuem a constipação intestinal em seres humanos adultos (DEN BONDT et al., 2000). Outro evento fisiológico é a redução do pH nos conteúdos do íleo, ceco e cólon, permitindo um aumento na concentração de minerais ionizados. Esta condição facilita a difusão passiva, a hipertrofia das

paredes do ceco e o aumento da concentração, no ceco, de ácidos graxos voláteis, sais biliares, cálcio, fósforo, fosfato e, em menor grau, magnésio. A inulina proveniente da chicória aumenta a entrada de cálcio nos tecidos ósseos melhorando a densidade mineral óssea e mostrando que tem o potencial de prevenir inclusive a osteoporose (KAUR & GRUPTA, 2002).

Dados experimentais conduziram à formulação da hipótese de que a inulina poderia reduzir a capacidade lipogênica hepática, através da inibição da expressão gênica das enzimas lipogênicas, resultando em secreção diminuída das lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL-colesterol). Essa inibição poderia ser conseguida via produção de ácidos graxos de cadeia curta provenientes da fermentação da inulina (SAAD, 2006; KAUR & GRUPTA, 2002).

Os frutanos do tipo inulina também se destacam por influenciar benéficamente o sistema imune, principalmente as funções imunes intestinais, tendo como alvo os tecidos linfóides associados ao intestino (especialmente as placas de Peyer) e, conseqüentemente, eles mostraram reduzir o risco de doenças relacionadas com a disfunção das defesas gastrintestinais (ROBERFROID, 2005).

A inulina também afeta o epitélio intestinal melhorando a morfologia da mucosa e a composição de mucinas (glicoproteínas que protegem as mucosas das agressões ambientais). Conseqüentemente, a inulina melhora a resistência à colonização, previne a translocação bacteriana e, finalmente, contribui para melhorar as funções químicas e enzimáticas de proteção ao trato gastrintestinal (ROBERFROID, 2005).

Muitas espécies de lactobacilos e bifidobactérias são capazes de excretar antibióticos naturais como lactocinas, lactacinas, curvacinas e bifidocinas, as quais podem ter um amplo espectro de atividade. Para as bifidobactérias, estudos indicam que algumas espécies têm atividade antimicrobiana e atuam sobre vários patógenos intestinais Gram positivos e Gram negativos, incluindo Salmonella, Campylobacter, Escherichia coli e Clostridium perfringens (HAULY & MOSCATTO, 2002; KOLIDA et al., 2002).

Essas ações compilam para a identificação da inulina como um alimento prebiótico. Para esta molécula também se relata potencial antitumoral e esses fatos estão descritos no tópico a seguir.

INULINA: QUIMIOPREVENÇÃO E AÇÃO ANTITUMORAL

Como anteriormente descrito o frutoligossacarídeo inulina se encaixa em duas classes nutricionais, as fibras dietéticas e os prebióticos. Ambas as classes possuem, em diferentes graus, atividades quimioprotetoras e antitumorais.

Algumas fibras presentes na dieta podem atuar como antimutágenos. As fibras dietéticas preparadas a partir do parênquima celular de frutas e vegetais apresentam capacidade adsorviva. Desta forma, quanto mais hidrofóbica esta preparação (menor hidrólise da fibra), melhor a capacidade da fibra em adsorver a substância indutora de mutações (FERGUSON, 1994).

Devido ao fato de apresentar cadeia maior, a inulina é menos solúvel que os outros frutanos e tem a habilidade de formar microcristais de inulina, apresentando menor hidrólise (NINESS, 1999), tornando-a apta a ser uma fibra com atividade antimutagênica, carregando, através da adsorção de determinadas substâncias químicas, indutores de danos no DNA para fora do intestino.

Os prebióticos, alimentos funcionais não digeríveis com a capacidade de estimular seletivamente o crescimento de bactérias intestinais benéficas, também atuam indiretamente no processo de prevenção de mutações e de tumores (ROBERFROID, 2000).

A inulina apresenta ação estimulatória de um determinado grupo de bactérias, as bifidobactérias. Tais bactérias apresentam capacidade moduladora da expressão da apoptose, evento antitumorigênico (REDDY, 1999). Cherbut (2002) relata que, devido às propriedades fermentativas

específicas da inulina, ela afeta diversas funções envolvidas na proteção e no reparo da mucosa do cólon, contribuindo para a redução do risco de doenças intestinais.

Este mesmo evento, a fermentação da inulina, permite a formação de ácidos graxos de cadeia curta, mas especificamente o butirato (ácido butírico), que constitui fonte de energia para os enterócitos, estimula a proliferação celular do epitélio e aumenta o fluxo sanguíneo visceral (ROBERFROID, 2005).

Outro importante fator é a competição benéfica que ocorre entre a microflora residente no intestino, devido à estimulação específica das bifidobactérias, que diferentemente das outras bactérias intestinais produzem pouca ou nenhuma enzima β -glicuronidase. Essa enzima atua ativando metabólitos gliconorídeos de contaminantes alimentares e aminas heterocíclicas (POOL-ZOBEL et al., 2002; HAULY & MOSCATTO, 2002). Desta forma, a diminuição desta enzima reduz a metabolização destes compostos.

A competição benéfica das bactérias permite que as bactérias que causam irritação intestinal sejam sobrepujadas (HAULY & MOSCATTO, 2002; KOLIDA et al., 2002), diminuindo assim cronicidade de infecções e inflamações que podem levar a danos no DNA.

Destaca-se também a produção de ácido láctico pelas bifidobactérias diminuindo o pH fecal, criando um ambiente bactericida para as bactérias putrefativas, além da redução de absorção de amônia, aumento da motilidade intestinal, impedindo que o bolo fecal permaneça muito tempo em contato com as paredes intestinais, fator este contribuinte para o desenvolvimento do câncer colorretal (GIBSON et al., 1995; ROBERFROID, 2005).

Outra hipótese para explicar mais um efeito benéfico da inulina seria o aumento dos níveis séricos de glutamina. Isso seria possível devido à fermentação da inulina e consequente produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais servem de substrato para a mucosa colônica, poupando dessa forma a glutamina, que é o substrato preferencial para o sistema linfático. Este, por sua vez, relaciona-se diretamente com as funções de defesa intestinais podendo, assim, melhorar o sistema imune sob várias circunstâncias (OLIVEIRA, 2006a).

Estudos realizados no Centro de Estudos em Nutrição de Genética Toxicológica (CENUGEN) do Centro Universitário Filadélfia verificaram a capacidade quimiopreventiva da glutamina (VICENTINI, 2006), reforçando a ideia de que a inulina desencadeia fatores que levam à quimioprevenção. Vicentini, 2006, sugere a ação deste aminoácido como antioxidante adjuvante no tratamento do câncer, diminuindo a frequência de micronúcleos em camundongos. Baise, 2006 verifica uma ação antígeno-tóxica deste aminoácido em camundongos tratados com cisplatina.

Outra importante alteração ocorre na diminuição dos níveis séricos de glicose, a maioria das células tumorais obtém energia pela via glicolítica, com a diminuição destes níveis ocorridos pelo consumo de inulina, estas células tem sua capacidade energética reduzida (ROBERFROID, 2005).

Mas a inulina não atua apenas pela sua capacidade fermentativa, Roland et al. (1994a; 1994b; 1995; 1996) demonstraram uma capacidade aumentada de detoxificação do fígado (citocromo P450) em ratos alimentados com inulina. A produção de glutatona-S transferase e glucoroniltransferase foi aumentada. Estas enzimas metabolizadoras de xenobióticos podem exercer um papel importante contra produtos carcinogênicos.

Estudos adicionais revelam a ação da inulina na regressão de tumores mamários e pulmonares, mas com mecanismos ainda não descritos (TAPER & ROBERFROID, 2002), aumentando assim o leque de possibilidades de ação deste frutano e a necessidade de melhor estudá-lo e entender seus mecanismos de ação.

INULINA E A IMPORTÂNCIA DE SUA INSERÇÃO NO COTIDIANO

Sendo crescente a incidência de tumores malignos de cólon e reto na população, fato que ocorre principalmente devido a uma dieta cada vez mais desbalanceada, rica em carnes vermelhas, gorduras e pobre em fibra alimentar, destaca-se a necessidade da inserção de alguns fatores alimentares que sejam de fácil acesso e atuem como mantenedores da integridade do DNA celular, sendo estes alimentos funcionais.

O frutoligossacarídeo inulina é considerado um ingrediente de alimento funcional, pois interfere beneficemente em vários processos fisiológicos e bioquímicos nos seres humanos, promovendo melhoria na saúde e redução no risco de muitas doenças. Para a detecção do real espectro de atuação da inulina frente aos danos intercorrentes do DNA celular, estudos explanam os mecanismos antimutagenicos desta fibra, que atua garantindo melhoria na qualidade de vida de quem a consome.

A importância deste estudo revela-se na possível inserção de ingredientes na dieta e equilíbrio desta, colaborando para a prevenção de possíveis neoplasias, sendo a inulina um potencial alimento funcional que tenha essa finalidade, fato que deverá ser analisado e comprovado com um maior número de pesquisas.

REFERÊNCIAS

BAISE, E. Evaluation of chemopreventive activity of glutamine by the comet and the micronucleus assay in mice's peripheral blood. Londrina, 2006. Centro Universitario Filadelfia.

BORGES, V.C.. Alimentos funcionais: prebióticos, probióticos, fitoquímicos e simbióticos. In: WAITZBERG, D.L.. Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica. São Paulo: Atheneu, 2001, cap. 96, p. 1495-1509.

BUDDINGTON, K.K; DONAHOO, J.B; BUDDINGTON, R.K. Dietary Oligofructose and Inulin Protect Mice from Enteric and Systemic Pathogens and Tumor Inducers. J. Nutr. V. 132, p. 472-4

BURNS, A.J; ROWLAND, I.R. Antigenotoxicity of probiotics and prebiotics on faecal water-induced DNA damage in human colon adenocarcinoma cells. Mutation Res. v.551, p.233-243, 2004. 77, 2002.

CHERBUT, C. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. British Journal of Nutrition; v. 87, p. S159-S162, 2002.

DE BONDT, V. Novas tendências para bebidas funcionais. Brasil alimentos, n.18, janeiro/fevereiro 2003.

DE FLORA, S.; FERGUSON, L.R.; Overview of mechanisms of cancer chemopreventive agents. Mutation Res., v. 591, p. 8-15, 2005.

DE LEENHEER, L.; HOEBREGS, H. Progress in the elucidation of the composition of chicory inulin. Starch, v.46, p.193, 1994.

FERGUSON, L.R. Antimutagens as cancer chemopreventive agents in the diet. Mutation

60

R
E
V
I
S
T
A

Research.,v. 307, p. 395-410, 1994.

GIBSON, G. R.; MACFARLANE, G. T. (Eds.) Human colonic bacteria. Role in physiology, pathology and nutrition. Boca Raton: CRC Press, 1995.

HAULY, M.C.; MOSCATTO, J.A.; Inulin and Oligofructosis: a review about functional properties, prebiotic effects an importanc for food industry. Semina: Ciências Exatas e Tecnologia, v. 23, p. 105-118, 2002.

IUB-IUPAC. Joint Comission on biochemical nomenclature and abbreviated terminology of oligosaccharide chains recommendations 1980. J. Biol. Chem., v.257, p.334, 1982.

JENKINS, D.J.A; KENDALL, C.W.C; VUKSAN, V. Inulin, Oligofructose and Intestinal Function. J. Nutr.V. 129, p. 1431S–1433S, 1999.

KAUR, N.; GRUPTA, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of biosciences, v.27, n.7, dez. 2002.

KOLIDA, S.; TUOHY, K.; GIBSON, G. R. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. British journal of nutrition, v.87, n.2, maio 2002.

MILNER, J.A.. Functional foods and health promotion. J. Nutr., v. 129, p. 1395-1397, 1999.

McBAIN, A.J.; MACFARLANE, G.T.; Modulation of genotoxic enzyme activities by non-digestible oligosaccharide metabolism in in-vitro human gut bacterial ecosystems. J. Med. Microbiol., v. 50, p. 833-842, 2001.

NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: what are they? J. Nutr., v.129, suppl., p.1402-1406, 1999.

OLIVEIRA, R.J; RIBEIRO, L.R.; SILVA, A.F.; MATUO, R.; MANTOVANI, M.S. Evaluation of antimutagenic activity and mechanisms of action of β -glucan from barley, in CHO-k1 and HTC cell lines using the micronucleus test. Toxicology in Vitro, v.20, p.1225-1233, 2006.

POOL-ZOBEL; B. VAN LOO, J.; ROWLAND, I.; ROBERFROID, M.B.Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of colon cancer. British J. Of Nutr., v. 87, p. S273-S281, 2002.

REDDY, B. Possible Mechanisms by wich pro and prebotics influence colon carcinogenesis and tumor growth. J. Nutr., v. 129, p. 1478S-1482S, 1999.

ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of experimental neoplastic development: role of fat and fibre content and caloric intake. Mutat. Res., v.259, p.351-362, 1993.

ROBERFROID, M.B. Prebiotics and Probioticas: are they functional foods? Am. J. Clin. Nutr., v. 71, p. 1682S-1687S, 2000.

ROBERFROID, M. B. Functional foods: concept and application to inulin and oligofructose.

61

R
E
V
I
S
T
A

British journal of nutrition, v. 87, n.2, maio 2002.

ROBERFROID, M.B. Introducing inulin-type fructans. British J. Nutr., v. 93, p. S13-S25, 2005.

ROLAND, N. et al. Influence of dietary fibres on two intestinal transferases in rats inoculated with a whole human fecal flora. R. Soc. Chem., v.123, p.369-373, 1994a.

ROLAND, N. et al. Hepatic and intestinal cytochrome P450, glutathion-S-transferases and UDP glucuronyltransferase are affected by six types of dietary fibre in rats inoculated with human whole fecal flora. J. Nutr., v.124, n.9, p.1581-1587, 1994b.

ROLAND, N. et al. Comparative study of the fermentative characteristics of inulin and different types of fiber in rats inoculated with a human whole fecal flora. Br. J. Nutr., v.74, n.2, p.239-249, 1995.

ROLAND, N. et al. Modulation of the biogenical effects of glucosinates by inulin and oat fibre in gnotobiotic rats inoculated with a whole human flora. Food and Chem. Toxicology, v.34, p.671-677, 1996.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. Revista brasileira de ciências farmacêuticas, v.42, n.1, janeiro/março 2006.

VAN LOO, J. et al. Functional food properties of nondigestible oligosaccharides: consensus report from ENDO project. British journal of nutrition, v.81, n.2 1999

VAN HAASTRECHT, J. Promising performers; oligosaccharides present new product development opportunities for wide range of processed foods. Int. Food Ingredients, n.1, p.23-27, 1995.

VICENTINI, A.P. Avaliação dos efeitos de dieta enteral a base de glutamina na prevenção danos clastogenicos que podem levar ao desenvolvimento de câncer. Londrina, 2006. Centro Universitário Filadélfia.

62