

Atividade Antidiabética e Efeitos Fisiológicos Associados aos β -Glucanos Presentes em *Rhynchelytrum repens*

Anti Diabetic Activity and Physiological Effects Associated With β -Glucans in *Rhynchelytrum repens*

Amanda de Oliveira Ribeiro^{a*}; Guilherme Silva Umemura^b;
Raimundo Vicente de Sousa^c; Fernando Roberto de Oliveira^d

Resumo

Diversas plantas são popularmente utilizadas no controle de doenças, entre as quais o *diabetes mellitus*. Recentemente, estudos comprovaram a atividade antidiabética do capim-favorito (*Rhynchelytrum repens*), atribuída à presença de β -glucanos, polissacarídeos solúveis constituintes da parede celular de gramíneas, cereais e fungos. O objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão sobre os efeitos fisiológicos dos β -glucanos, em especial sobre a atividade hipoglicemiante do *R. repens*, por meio de buscas por artigos relacionados junto a bases de artigos indexados, disponíveis *on-line*. Os β -glucanos apresentam atividades antitumoral, imunomodulatória, antiviral, antimicrobiana, antiparasitária, anticoagulatória, cicatrizante, hipocolesterolêmica e hipoglicemiante, aumentando a sensibilidade à insulina e a tolerância à glicose. Este último efeito tem sido relacionado à propriedade destes polissacarídeos de induzirem alta viscosidade quando em solução, formando uma camada gelatinosa que diminui a absorção de açúcar pelo intestino. A ingestão de β -glucanos, por serem fibras solúveis, está relacionada à sensação de saciedade e à perda de peso, devido ao retardamento do esvaziamento gástrico. Apesar da redução na glicemia provocada pelo extrato deste capim, sua utilização como medicamento ainda depende de mais pesquisas que elucidem seu mecanismo de ação no organismo, bem como de testes que apontem possíveis efeitos colaterais e grau de toxicidade.

Palavras-chave: Beta-glucanos. Hipoglicêmicos. Plantas medicinais. Poaceae. Diabetes mellitus.

Abstract

Several plants are popularly used in the control of diseases, including *diabetes mellitus*. Recently, studies showed the anti diabetic activity of the capim-favorito (*Rhynchelytrum repens*), attributed to the presence of β -glucans, soluble polysaccharides constituents of cell walls found in grass, grains and fungi. The aim of this study was to review the literature on the physiological effects of β -glucans, particularly on the hypoglycemic activity of *R. repens*, by searching through related studies from databases of indexed articles, available online. β -glucans show antitumor, immunomodulating, antiviral, antimicrobial, antiparasite, anticoagulant, healing, hypocholesterolemic and hypoglycemic activity, increasing the insulin sensitivity and glucose tolerance. This latter effect has been related to the property of these polysaccharides to induce high viscosity in solution, producing a gelatinous layer that reduces the intestinal absorption of sugar. Because β -glucans are soluble fiber, their ingestion is related to feeling of satiety and weight loss due to delay in gastric emptying. Despite the reduction in blood glucose caused by the extraction of this grass, its use as medicine still depends on further research to clarify its actions in the organism and tests that could indicate possible side effects and toxicity degree.

Keywords: Beta-glucans. Hypoglycemic agents. Plants medicinal. Poaceae. Diabetes mellitus.

^a Graduação em Ciências Biológicas - Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: aolribeiro@yahoo.com.br

^b Graduação em Educação Física - Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: guilhermeumemura@gmail.com

^c Doutor em Zootecnia - Universidade Federal de Lavras (UFLA). Docente da Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: rvsousa@ufla.br

^d Doutor em Atividade Física e Esporte - Universidade del Pais Vasco - Espanha. Docente da Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: deoliveirafr@hotmail.com

* Endereço para correspondência: Departamento de Educação Física, Campus Universitário. Cx Postal 37. CEP: 37.200-000, Lavras-MG.

1 Introdução

As modificações no estilo de vida, principalmente a partir do século XX, acarretaram um grande impacto sobre a saúde das populações, em especial nos países com maior grau de desenvolvimento. O sedentarismo e os modernos hábitos alimentares, voltados para a ingestão de alimentos industrializados hipercalóricos, como também os avanços tecnológicos, desequilibram o balanço energético em favor da ingesta. Em decorrência disto, as causas predominantes de mortalidade passaram de doenças infecto-contagiosas e

materno-infantis para enfermidades crônico-degenerativas, como o *diabetes mellitus*¹⁻².

O diabetes acarreta problemas no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas³ e representa uma complexa desordem metabólica em virtude da deficiência total ou parcial da produção de insulina pelas células β das ilhotas de Langerhans do pâncreas⁴⁻⁶.

A insulinoterapia, juntamente com o exercício físico e o planejamento alimentar, têm sido considerados uns dos principais coadjuvantes no tratamento do diabetes tipo 1^{2,7-8}. A prática regular de atividade física associada a uma dieta balanceada é eficaz tanto na prevenção como no controle do diabetes do tipo 2^{7,9-10}.

Assim como acontece no tratamento de outras doenças, plantas consideradas medicinais são utilizadas popularmente para o controle do diabetes, sendo que muitas delas já tiveram seu efeito hipoglicemiante cientificamente comprovado¹¹.

Estudos recentes comprovaram a atividade antidiabética do capim-favorito (*Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb., Poaceae), cuja infusão é usada popularmente no controle dos níveis de glicose sanguínea em indivíduos diabéticos⁽¹²⁻¹³⁾. Esta atividade foi atribuída à presença de β -glucanos, polissacarídeos solúveis constituintes da parede celular de gramíneas, cereais e fungos¹⁴⁻¹⁵.

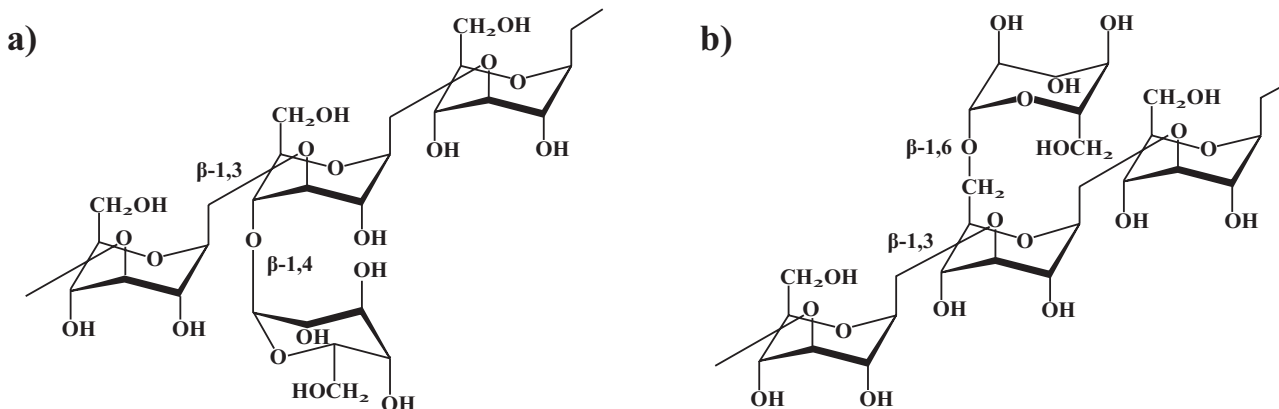


Figura 1. Estrutura dos β -glucanos presentes em plantas (a), com ligações $\beta(1\rightarrow4)$, e em fungos (b), com ligações $\beta(1\rightarrow6)$.

A redução dos níveis de glicemia e de secreção de insulina em decorrência do consumo de alimentos ricos em fibras solúveis são consequência, entre outros fatores, do retardo do ritmo de esvaziamento gástrico decorrente da capacidade de retenção de água destas fibras, o que aumenta a viscosidade do meio intestinal, prolongando a sensação de saciedade, reduzindo a taxa de absorção intestinal e diminuindo o índice glicêmico²⁴⁻²⁵.

Os efeitos fisiológicos dos alimentos ricos em fibras têm sido alvo de muitos estudos. Isto chama a atenção da comunidade médica e desperta interesse econômico, estimulando a pesquisa sobre a utilização de fontes de β -glucanos na composição de farinhas, cereais matinais, massas de macarrão, pães e bolinhos, bem como em derivados de leite e de carne²⁶⁻³⁵.

Uma vez que, na literatura atual, os trabalhos que contemplam os efeitos fisiológicos dos β -glucanos concentram-se sobre ações específicas, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão sistemática sobre os efeitos fisiológicos relacionados à atividade hipoglicemiante dos β -glucanos presentes em *R. repens* e uma breve descrição dos demais efeitos associados a este carboidrato estrutural. A literatura consultada foi obtida por meio de buscas junto às bases de dados *on line Scielo*, *Science Direct*, *Scopus*, *SpringerLink* e Periódicos Capes, utilizando-se os termos: efeito hipoglicemiante, β -glucanos, *Rhynchelytrum repens* e substâncias hipoglicemiantes, tanto em inglês quanto em português. Em algumas situações, a lista de referências bibliográficas dos artigos escolhidos foi utilizada, resultando em um total de 130 referências adequadas aos objetivos da presente revisão.

Os β -glucanos que possuem ligações $\beta(1\rightarrow6)$ (figura 1b), característicos de fungos, apresentam atividades antitumoral, imunomodulatória, antiviral, antimicrobiana, antiparasitária, anticoagulatória e cicatrizante¹⁶⁻²², enquanto os que apresentam ligações $\beta(1\rightarrow4)$ (figura 1a), característicos de plantas, diminuem o colesterol sanguíneo, a glicemia e os níveis de secreção de insulina^{20,23}.

2 Diabetes e Fontes Naturais de Tratamento

2.1 Diabetes

O *diabetes mellitus* é um dos grandes problemas mundiais de saúde, tanto pelo número de pessoas afetadas como pela incapacitação e mortalidade prematura que provoca². Esta alteração metabólica crônico-degenerativa acomete, atualmente, de 7 a 8% da população adulta mundial⁴, tendo sido responsável por 987 mil mortes no ano de 2002, segundo a Organização Mundial de Saúde, ou seja, 1,7% da mortalidade geral naquele ano^(9,36). Atualmente, o diabetes acomete aproximadamente 171 milhões de indivíduos em todo o mundo, dos quais 12 milhões são brasileiros⁹.

Tradicionalmente, o diabetes é visto como uma doença com maior prevalência em países desenvolvidos e em segmentos sociais mais abastados. No entanto, estudos realizados em várias regiões do mundo, contemplando populações de diferentes etnias, terminaram por evidenciar tanto um aumento explosivo da taxa de prevalência do diabetes, quanto sua ocorrência em países subdesenvolvidos e em segmentos populacionais mais pobres³⁷. Estudos realizados no Brasil apontam que a doença prevalece nos segmentos mais favorecidos da sociedade³⁸. Porém, autores³⁹ sugerem que estas tendências subestimam a real prevalência socioeconômica do diabetes, uma vez que em seu estudo, no qual realizou uma busca ativa por indivíduos diabéticos no estado de São Paulo, encontrou prevalência do diabetes nas classes mais baixas. Estes autores sugerem que a menor taxa de diagnóstico da doença nas classes menos favorecidas possa ser um reflexo do menor acesso aos serviços de saúde.

O diabetes é dividido em grupos determinados pelo grau de insuficiência do hormônio insulina: *tipo I*, que geralmente ocorre em indivíduos jovens, associado à deficiência

absoluta de insulina e, frequentemente, de outros hormônios pancreáticos, sendo ligada a fatores genéticos, ambientais e também a um processo autoimunológico^{6-8,40-41}; e *tipo II*, o qual tende a ocorrer em indivíduos mais velhos, associado a uma significativa resistência dos tecidos à ação da insulina e também a uma secreção anormal deste hormônio, muito relacionada aos maus hábitos da vida moderna^{6,41}.

Dados epidemiológicos indicam que uma dieta caracterizada por um baixo índice glicêmico reduz a resistência à insulina, sugerindo potencial papel contra o desenvolvimento de *diabetes melitus* não insulino-dependente e de doenças cardiovasculares⁴². Estudos mostram que uma alta ingestão de alimentos a base de fibras de cereais reduz em cerca de 30% o risco de desenvolver diabetes não insulino-dependente⁴³⁻⁴⁴ e que cereais com alto teor de fibras solúveis, como cevada e aveia, são eficazes na prevenção do aumento dos níveis pós-prandiais de glicose, auxiliando no tratamento do diabetes^{12,27}.

2.2 Plantas com atividade hipoglicêmica

Nos últimos anos, tem havido grande interesse no uso de plantas para o tratamento do diabetes. Registros etnobotânicos indicam a existência de cerca de 1.200 plantas com potencial antidiabético no mundo, das quais aproximadamente 200 são utilizadas empiricamente no Brasil para o controle desta doença¹¹.

Os estudos que avaliam a atividade hipoglicêmica de diversas destas plantas são abundantes, sendo que em muitos deles este efeito é comprovado. A administração de extratos aquosos e hidroalcoólicos^{12,45-58} e de farinhas⁵⁹ feitas a partir de diferentes partes destas plantas reduz os níveis de glicose sanguínea em diversos estudos experimentais. Possíveis componentes ativos destes substratos já foram identificados, dentre eles flavonóides^{45,55}, sesquiterpenos glicosídicos⁵⁰, lignanas⁵³, derivados de fenilbutano⁵⁴ e β -glucanos¹².

Além disso, foi comprovado o efeito hipoglicemiante também em algas de água doce⁶⁰ e em cogumelos⁶¹, sendo que, neste último, tal efeito foi atribuído a exopolissacarídeos sintetizados por estes fungos.

3 β -Glucanos

3.1 Caracterização e fontes de β -glucanos

Os carboidratos constituintes das plantas contêm polímeros insolúveis em água, como celulose, lignina e algumas hemiceluloses, assim como polímeros solúveis, como hemiceluloses e pectinas, que formam soluções viscosas com água. As fibras solúveis formam uma camada estacionária de água no intestino, que reduz a absorção de açúcares e de lipídios^{12, 25, 27, 35, 62, 63}.

Os β -glucanos são polissacarídeos constituintes da fração solúvel da fibra alimentar, que ocorrem predominantemente em gramíneas e cereais^{12,14,23,64}. Estes polímeros são abundantes nas paredes celulares de células endospermicas

e na camada de aleurona^{16, 35,65-66}, sendo raros em células meristemáticas^{15,67}, mas encontrados em grande quantidade em células em alongamento^{64,68-69}. As poáceas usam os β -glucanos como elementos estruturais de suas paredes celulares em crescimento e de sua camada de aleurona como material de armazenamento que é hidrolisado durante a germinação para servir como uma fonte extra de carbono durante o estabelecimento da semente⁶⁹.

Os cereais e as gramíneas contêm quantidades variáveis de β -(1 \rightarrow 3)-(1 \rightarrow 4)-D-glucanos, sendo que, entre os grãos, as maiores concentrações são encontradas em aveia, com teor variando entre 2,2 e 6,6%, e em cevada, cujos teores oscilam entre 1,7 e 9,7%^{16,23,70}, podendo chegar a mais de 15%⁶⁵. Trigo e triticale apresentam teores de β -glucanos menores que 1%. Em relação aos produtos comerciais, aquele com maior quantidade de β -glucanos é o farelo de aveia²³.

Estudos com *Brachiaria decumbens* indicaram que a quantidade de β -glucanos nesta poácea varia de 20,9 a 22,8 μ g/mg, dependendo do comprimento das folhas¹⁵.

Polissacarídeos semelhantes, em particular homo e heteroglucanos com ligações glicosídicas do tipo β -(1 \rightarrow 3) e β -(1 \rightarrow 6) também foram encontrados em diversos fungos, incluindo cogumelos comestíveis e fungos liquenizados^{15-17,20,71-73}. Estudos encontraram uma concentração média de 8,4 g de β -glucanos por 100 g de massa seca do cogumelo *Agaricus blazei*, quando cultivado no Brasil em condições de estufa¹⁶.

Os β -glucanos de plantas são polímeros lineares formados por unidades de glicose unidas entre si por ligações β -(1 \rightarrow 3) e β -(1 \rightarrow 4) em proporções definidas^{15,23}. As ligações β -(1 \rightarrow 4) correspondem a aproximadamente 70% das ligações glicosídicas, e ocorrem em sequência de duas ou três unidades de glicose interrompidas por uma ligação β -(1 \rightarrow 3) isolada^{23,35,69,72,74}.

A endoglucanase sintetizada por *Bacillus subtilis* é utilizada para detectar a presença de β -glucanos^{12,15,64,75} pois é capaz de clivar unidades (1 \rightarrow 4)- β -D-glucosilas se precedidas por unidades (1 \rightarrow 3)^{12,15,64,76}, produzindo o trissacarídeo celobiosil-(1 \rightarrow 3)-D-glucose e o tetrassacarídeo celotriosil-(1 \rightarrow 3)- β -D-glucose, característicos desta reação enzimática^{12,64,69,77}.

Em poáceas, a razão molar entre tri e tetrassacarídeos é de cerca de 2:3^{64,72}, sendo esta, provavelmente, uma característica conservada evolutivamente devido à importância da função biológica do polissacarídeo no alongamento celular durante o crescimento¹⁵.

As características estruturais dos β -glucanos, como a razão entre tri e tetrâmeros e a razão entre as ligações β -(1 \rightarrow 3) e β -(1 \rightarrow 4)³⁵ parecem ser importantes na determinação de suas propriedades físicas, tais como solubilidade em água, viscosidade e propriedades de formação de géis^{35, 78-93}, bem como para sua ação sobre o trato gastrointestinal^{35,74}. Evidências sugerem que a atividade dos β -glucanos é dependente também do seu tamanho, sendo mais ativas as

frações de pesos moleculares mais altos, entre 100.000 e 200.000 Da, enquanto que frações com pesos moleculares de 5.000 a 10.000 Da não apresentam nenhuma atividade^{20,94-96}.

3.2 Efeitos fisiológicos atribuídos aos β -glucanos

Alimentos com alto teor de fibras solúveis são reconhecidos por sua ação hipocolesterolêmica^{12,15, 23, 25-27, 63-64, 97-106}, reduzindo a taxa de colesterol total, de LDL^{35,62,107-112} e de triglicerídeos⁹⁷, aumentando o HDL¹¹³⁻¹¹⁴ e, assim, diminuindo a chance de ocorrência de doenças cardiovasculares^{65,101,111-112}.

Os β -glucanos também têm reconhecida ação na redução da glicemia pós-prandial^{23,26-27,64,72,97,102,105,114-120} e nos níveis de secreção de insulina^{24-25,27,118}. Estes efeitos têm sido relacionados à propriedade deste polissacarídeo de induzir alta viscosidade quando em solução, formando uma camada gelatinosa. Esta camada resiste aos efeitos convectivos das contrações intestinais, diminuindo a absorção de açúcar pelos enterócitos^{12, 25,62}. A redução da glicose e dos níveis de insulina após as refeições é dependente tanto do peso molecular do β -glucano quanto da dose ingerida⁶⁴. Estudos apontam ainda que os β -glucanos aumentam a sensibilidade à insulina e a tolerância à glicose^{15,117} e destacam o papel dos β -glucanos na prevenção e no tratamento de doenças cardiovasculares e de *diabetes mellitus*^{12,15,65, 115, 117-119}.

As fibras solúveis podem aumentar o bolo fecal e aliviar a constipação intestinal^{25, 27, 35, 121}, uma vez que o gel viscoso formado no intestino age como uma peneira molecular através da qual as grandes moléculas passam rapidamente, enquanto as moléculas menores são retidas nos poros, retardando a digestão e a absorção de diversos nutrientes³⁵. A ingestão de fibras solúveis parece estar relacionada à sensação de saciedade e à perda de peso, devido ao retardamento do esvaziamento gástrico, com consequente redução na velocidade de ingestão de alimento; redução dos níveis plasmáticos de glicose e de insulina; elevação dos níveis de colecistoquinina e produção de gás e de ácidos graxos de cadeias curtas pela fermentação das fibras no cólon^{24-25, 35, 121}.

Existem também evidências de que os β -glucanos atuam em outras frentes: combatem o desenvolvimento de câncer de cólon¹⁵, favorecem a formação de colágeno e a eliminação de rugas¹²², contribuem para a atividade antígenotóxica¹²³ e estimulam o sistema imunológico de mamíferos³⁵.

Os efeitos fisiológicos das fibras solúveis, entre elas os β -glucanos, são intimamente relacionados às suas propriedades físico-químicas, tais como capacidade de retenção de água, viscosidade, emulsificação, capacidade de absorção de nutrientes, fermentabilidade e susceptibilidade ou resistência à degradação bacteriana^{25,35, 124}.

O mecanismo pelo qual os β -glucanos exercem efeitos hipocolesterolêmicos e hipoglicêmicos parece estar relacionado ao aumento da viscosidade que estes polímeros promovem no lúmen intestinal^{25, 35, 74, 105}. Este fenômeno retarda o esvaziamento gástrico e a absorção intestinal de nutrientes, devido ao adiamento da interação entre o amido e

sua enzima digestiva e também por evitar a absorção de parte dos carboidratos ingeridos reduzindo a hiperglicemia pós-prandial e a secreção de insulina¹²⁰. As fibras solúveis afetam a emulsificação de lipídios devido ao aumento que provocam no tamanho da gotícula de gordura o que diminui sua superfície de contato com a fase aquosa, além de atrasarem a solubilização da micela lipídica durante a digestão, reduzindo a secreção de *quilomicra* na circulação¹²¹. As fibras, além de diminuírem a absorção e a reabsorção de colesterol e de ácidos biliares, inibem também as enzimas lipogênicas responsáveis pela síntese do colesterol¹²⁰. Estes efeitos são benéficos às pessoas portadoras de diabetes tipo II, além de reduzirem o risco de desenvolvimento da doença e de insensibilidade à insulina^{25, 35, 121}.

4 *Rhynchelytrum Repens*: Caracterização Sistemática e Presença de β -Glucanos

Poaceae é a família botânica com maior número de espécies no estrato herbáceo¹²⁵, importante economicamente tanto pelas espécies utilizadas na alimentação animal e humana, como os cereais, bem como pelas espécies componentes de pastagens e de formações campestres, como as braquiárias e os capins¹²⁶.

São plantas extremamente eficientes na capacidade de perturbação de ecossistemas^{125, 127}, pois, além de serem introduzidas em diversos ambientes pela ação antrópica devido ao seu potencial forrageiro, as características ecofisiológicas das poáceas exóticas, muitas delas originárias da África, tornam-nas eficientes competidoras em relação à vegetação nativa¹²⁵.

Dentre estas poáceas africanas já bastante disseminadas pelo Brasil, destaca-se o *R. repens*, conhecido popularmente como capim-favorito, capim-rosado ou capim-natal¹²⁸. É uma planta anual, herbácea, originária da África do Sul e introduzida no país por volta de 1930. Desde então, tem sido facilmente encontrada em áreas abertas e ao longo de rodovias^{12,128}.

O capim-favorito tem sido popularmente utilizado no tratamento do diabetes^{13,64}, com relatos de redução de até 65% do índice glicêmico de indivíduos diabéticos¹²⁹.

Com base nestas informações, infusões de *R. repens* foram avaliadas quanto à presença de β -glucanos e quanto à ação hipoglicêmica. Os resultados indicaram que os β -glucanos estão presentes na decocção, e que a fração rica em β -glucanos do extrato de *R. repens* provocou uma diminuição de 40% nos níveis de glicose plasmática após 4 horas de sua administração a ratos diabéticos¹².

Autores^{12,64} confirmaram a presença de β -glucanos em *R. repens*, através de sua hidrólise por uma endoglucanase proveniente de *Bacillus subtilis*. Nestes estudos, a proporção dos β -glucanos nas diversas partes da planta não foi realizada diretamente, mas estimada com base na análise de monossacarídeos. Esta análise mostrou que folhas jovens e lâminas foliares em expansão são compostas por glicose > xylose > arabinose, com traços de ramnose apenas nas folhas jovens. Por outro lado, bainha e colmo são compostos por xylose > glicose > arabinose, com traços de galactose¹². Carpita¹³⁰

verificou que a presença de β -glucanos está diretamente relacionada à presença de glicose, enquanto que xylose e arabinose são partes de glucuronoarabinosilanos (GAX), componentes predominantes das paredes celulares de poáceas.

Assim como no *R. repens*, em um estudo com *Brachiaria decumbens*, outra poácea de origem africana amplamente disseminada no Brasil, o teor de β -glucanos foi significativamente maior em folhas menores que nas folhas maiores¹⁵. Estes resultados sugerem que a deposição e a mobilização dos β -glucanos poderiam ocorrer no início do crescimento da planta, e sua distribuição para os tecidos expandidos se daria por diluição do polissacarídeo^{15,67}. Por serem polímeros solúveis em água e em álcali^{15,83-84}, os β -glucanos e os arabinosilanos apresentariam, em folhas jovens, menor interação molecular devido à maior solubilidade em água, resultando em uma maior flexibilidade da parede celular durante a expansão da folha. Assim, ao longo do crescimento dos tecidos da planta, a ligação β -glucanos-GAX tenderia a se fortalecer para que estes compostos cumpram o seu papel estrutural junto às microfibrilas de celulose, reduzindo a solubilidade e, conseqüentemente, a capacidade de diluição do polissacarídeo¹⁵.

4.1 Efeito hipoglicemiante do *R. repens*

Estudos investigando o efeito hipoglicemiante de extratos de *R. repens* ricos em β -glucanos, administrados intraperitonealmente em ratos Wistar, com diabetes induzido por estreptozotocina (STZ), mostraram uma diminuição de até 40% nos níveis de glicose plasmática após quatro horas de administração do extrato, com o efeito hipoglicemiante perdurando por até 24 horas após a aplicação^{12,15,64}. O grupo controle, que recebeu extrato de β -glucanos de cevada, também apresentou uma significativa redução da glicemia após quatro horas da injeção, porém os níveis retornaram aos valores prévios em 6 horas (figura 2)^{12,64}.

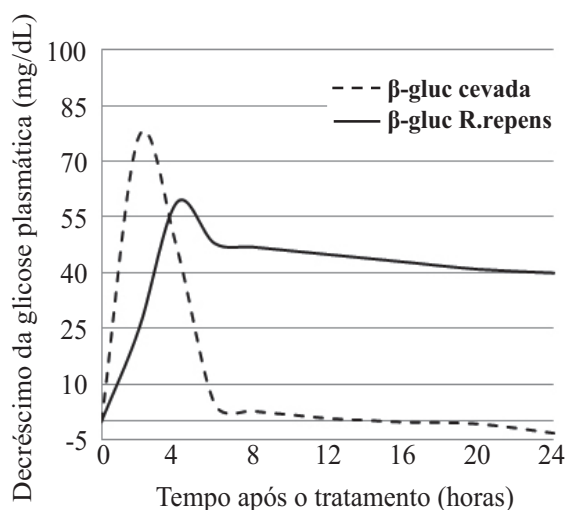


Figura 2. Efeito antidiabético da administração intraperitoneal de β -glucanos extraídos de cevada (linha pontilhada) e de *R. repens* (linha contínua) em ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina

Uma possível explicação para estas diferentes respostas dos ratos frente às duas fontes de β -glucanos está relacionada ao fato de que, na cevada, os β -glucanos têm grau de pureza relativamente mais alto que no capim-favorito, no qual o extrato constitui-se da mistura de β -glucanos e GAX, que são menos solúveis em água que os β -glucanos. Desta forma, a liberação dos β -glucanos para a corrente sanguínea pode ser mais lenta no extrato de *R. repens* que no extrato de cevada¹². Uma limitação direta para uma conclusão mais sólida neste trabalho foi a ausência de uma quantificação direta dos β -glucanos no *R. repens*, tendo sido feita apenas estimativa com base na análise de monossacarídeos. No entanto, os resultados sugerem que as hemiceluloses do capim-favorito estejam relacionadas ao uso popular desta planta no tratamento do diabetes, uma vez que a decocção é suficiente para solubilizar os β -glucanos, presentes em várias partes do capim, e também que a infusão do *R. repens* possui efeito hipoglicemiante quando administrada intraperitonealmente em ratos diabéticos¹³.

5 Conclusão

De grande uso popular, os produtos naturais provenientes de plantas medicinais são largamente utilizados no controle de enfermidades para as quais existem poucos métodos de controle na forma de fármacos. Diversas plantas têm reconhecido potencial hipocolesterolêmico e hipoglicemiante, atuando no combate às doenças coronarianas e ao diabetes.

Pesquisas envolvendo o capim-favorito (*Rhynchelytrum repens*) comprovaram sua atividade hipoglicemiante, a qual foi atribuída à presença de β -glucanos, polissacarídeos constituintes também de cereais e de alguns fungos. Tem sido sugerido que os β -glucanos provocam um aumento de viscosidade no lúmen intestinal, o que retarda o esvaziamento gástrico e reduz a absorção intestinal de nutrientes, reduzindo a hiperglicemia pós-prandial e a secreção de insulina.

A ação hipoglicemiante dos β -glucanos é dependente do peso molecular deste polissacarídeo – quanto menor o seu peso, maior a sua ação.

Um menor grau de pureza dos β -glucanos extraídos do *R. repens* está associado a uma maior duração do efeito hipoglicêmico que este polissacarídeo promove. Sugere-se que os β -glucanos com menor grau de pureza sejam menos solúveis em água, o que leva a uma liberação mais lenta de β -glucanos no organismo e estende seus efeitos.

Apesar da redução na glicemia provocada pelo extrato desta planta, sua utilização como medicamento ainda depende de mais pesquisas que elucidem seu mecanismo de ação no organismo do indivíduo diabético, bem como de testes que apontem possíveis efeitos colaterais e grau de toxicidade.

Referências

1. Cruz-Filho RA, Corrêa LL, Ehrhardt AO, Cardoso GP, Barbosa GM. O papel da glicemia capilar de jejum no diagnóstico precoce do diabetes mellitus: correlação com

- fatores de risco cardiovascular. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia. 2002;46(3):255-9.
2. Silva CA, Lima WC. Efeito benéfico do exercício físico no controle metabólico do diabetes mellitus tipo 2 a curto prazo. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia. 2002;46(5):550-6.
 3. De Fronzo RA. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. Medical Clinics of North América. 2004;88(4):787-835.
 4. Lermen DT, Landin JC, Baggio MI, Pomatti DM, Pasqualotti A, Sato D. Avaliação dos componentes da síndrome plurimetabólica visando prevenção das doenças cardiovasculares. Cogitare Enfermagem. 2005;10(1):48-52.
 5. Kimmel B, Inzucchi SE. Oral agents for type 2 diabetes: an update. Clinical Diabetes. 2005;23(2):61-76.
 6. Queiroga MR, Silveira RF, Oliveira MFM, Crespilho D, Kokubun E, Luciano E. Efeitos do exercício físico agudo sobre a glicemia e lipidemia de ratos diabéticos tratados com metformina. Revista da Educação Física/UEM. 2006;17(2):169-75.
 7. Angelis K, Pureza DY, Flores LJJ, Rodrigues B, Melo KFS, Schaan BD, et al. Efeitos fisiológicos do treinamento físico em pacientes portadores de diabetes tipo 1. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia. 2006;50(6):1005-13.
 8. Ribeiro C, Oliveira CAM, Mello MAR. Exercício e prevenção do diabetes mellitus: importância do modelo experimental utilizando ratos. Motriz. 2007;13(1):72-7.
 9. Cardoso LM, Ovando RGM, Silva SF, Ovando LA. Aspectos importantes na prescrição do exercício físico para o diabetes mellitus tipo 2. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. 2007;1(6):59-69.
 10. Ciolac EG, Guimarães GV. Exercício físico e síndrome metabólica. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2004;10(4):319-24.
 11. Barbosa-Filho JM, Vasconcelos THC, Alencar AA, Batista LM, Oliveira RAG, Guedes DN, et al. Plants and their active constituents from South Central and North America with hypoglycemic activity. Brazilian Journal of Pharmacognosy. 2005;15(4):392-413.
 12. De Paula ACCFF, Sousa RV, Figueiredo-Ribeiro RCL, Buckeridge MS. Hypoglycemic activity of polysaccharide fractions containing β -glucans from extracts of *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb. Poaceae. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2005;38(6):885-93.
 13. Souza A, De Paula ACCFF, Figueiredo-Ribeiro RCL. Effects of irradiance on non-structural carbohydrates growth and hypoglycemic activity of *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb. (Poaceae). Brazilian Journal of Biology. 2004;64(3B):697-706.
 14. Carpita NC. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 1996;47(1):445-76.
 15. Silva AM, Aidar MPM, Buckeridge MS. Caracterização parcial dos β -glucanos ao longo do desenvolvimento foliar em *Brachiaria decumbens* Stapf. Hoehnea. 2006;33(1):99-105.
 16. Park YK, Ikegaki M, Alencar SM, Aguiar CL. Determinação da concentração de β -glucano em cogumelo *Agaricus blazei* Murill por método enzimático. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2003;23(3):312-6.
 17. Chae BJ, Lohakare JD, Moon WK, Lee SL, Park YH, Hahn TW. Effects of supplementation of β -glucan on the growth performance and immunity in broilers. Research in Veterinary Science. 2006;80(3):291-8.
 18. Son HJ, Bae HC, Kim HJ, Lee DH, Han DW, Park JC. Effects of β -glucan on proliferation and migration of fibroblasts. Current Applied Physics. 2005;5(5):468-71.
 19. Elyakova LA, Isakov VV, Lapshina LA, Nagorskaya VP, Likhatskaya GN, Zvyagintseva TN, et al. Enzymatic transformation of biologically active 1,3;1,6- β -d-glucan: structure and activity of resulting fragments Biochemistry (Moscow). 2007;72(1):29-36.
 20. Bohn JA, BeMiller JN. (1 \rightarrow 3)- β -D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. Carbohydrate Polymers. 1995;28(1):3-14.
 21. Sánchez L, Rodríguez R, Pérez T, Marreto F, Iglesias DR, Pedroso M. Factores de escalamiento para el proceso de producción de beta (1,3) glucano um polisacárido con actividad inmunomoduladora. Tecnología, Ciencia y Educación. 2000;15(1):42-7.
 22. Acevedo AM, Pedroso M, Miranda I. β 1-3 glucano: influencia sobre la inmunidad mediada por células en pollos jóvenes Revista Cubana de Ciencia Avícola. 2001;25(2):107-12
 23. Fujita AH, Figueroa MOR. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2003;23(2):116-20.
 24. Salgado SM, Faro ZP, Guerra NB, Livera AVS. Aspectos físico-químicos e fisiológicos do amido resistente. Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimento. 2005;23(1):109-22.
 25. Mälkki Y. Physical properties of dietary fiber as keys to physiological functions. Cereal Foods World. 2001;46(5):196-9.
 26. Skendi A, Papageorgiou M, Biliaderis CG. Effect of barley β -glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. Journal of Food Engineering. 2009;91(4):594-601.
 27. Cavallero A, Empilli S, Brighenti F, Stanca AM. High (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. Journal of Cereal Science. 2002;36(1):59-66.
 28. Hatcher DW, Lagasse SL, Dexter JE, Rossnagel BG, Izydorczyk MS. Quality characteristics of yellow alkaline noodles enriched with hull-less barley flour. Cereal Chemistry. 2005;82(1):60-9.
 29. Hudson CA, Chiu MM, Knuckles BE. Development and characteristics of high-fiber muffins with oat bran rice bran or barley fiber fractions. Cereal Foods World. 1992;37(5):373-8.
 30. Izydorczyk MS, Lagasse SL, Hatcher DW, Dexter JE, Rossnagel BG. The enrichment of Asian noodles with fiber rich fractions derived from roller milling of hull-less barley. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005;85(12):2094-104.
 31. Knuckles BE, Hudson CA, Chiu MM, Sayre RN. Effect of β -glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. Cereal Foods World. 1997;42(2):94-9.
 32. Marconi E, Graziano M, Cubadda R. Composition and

- utilization of barley pearling by-products for making functional pastas rich in dietary fiber and β -glucans. *Cereal Chemistry*. 2000;77(2):133–9.
33. Morin LA, Temelli F, McMullen L. Physical and sensory characteristics of reduced-fat breakfast sausages formulated with barley β -glucan. *Journal of Food Science*. 2002;67(6):2391–6.
 34. Volikakis P, Biliaderis CG, Vamvaka S C, Zerfiridis GK. Effects of a commercial oat β -glucan concentrate on the chemical physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Research International*. 2004;37(1):83–94.
 35. Lazaridou A, Biliaderis CG. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: physical properties technological applications and physiological effects. *Journal of Cereal Science*. 2007;46(2):101–18.
 36. Roglic G, Unwin N, Bennett PH, Mathers C, Tuomilehto JNAG S, Connolly V, et al. The burden of mortality attributable to diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28(9):2130–5.
 37. King H, Rewers M. Global estimates of *diabetes mellitus* and impaired glucose tolerance in adults. *Diabetes Care* 1993;16(1):157–77.
 38. Lima-Costa MF, Barreto S, Giatti L. A situação socioeconômica afeta igualmente a saúde de idosos e adultos mais jovens no Brasil? Um estudo utilizando dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios – PNAD/98. *Ciência & Saúde Coletiva* 2002;7(4):813–24.
 39. Goldenberg P, Schenkman S, Franco LJ. Prevalência de diabetes mellitus: diferenças de gênero e igualdade entre os sexos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. 2003;6(1):18–28.
 40. Castro SH, Matos HJ, Gomes MB. Parâmetros antropométricos e síndrome metabólica em diabetes tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*. 2006;50(3):450–5.
 41. Farrell PA. Diabetes, exercício físico e esportes de competição. *Sports Science Exchange*. 2004;39.
 42. Björck I, Liljeberg H, Östman E. Low glycaemic-index foods. *British Journal of Nutrition* 2000;83(1):149–55
 43. Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, et al. Dietary fiber glycemic load and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care*. 1997;20(4):545–50.
 44. Salmeron J, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willett WC. Dietary fiber glycemic load and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *Journal of the American Medical Association*. 1997;277(6):472–7.
 45. Menezes FS, Minto ABM, Ruela HS, Kuster RM, Sheridan H, Frankish N. Hypoglycemic activity of two brazilian *Bauhinia* species: *Bauhinia forficata* L. And *Bauhinia monandra* Kurz. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2007;17(1):8–13.
 46. Ferreira EB, Fernandes LC, Galende SB, Cortez DAG, Bazotte RB. Hypoglycemic effect of the hydroalcoholic extract of leaves of *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae). *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2008;18(3):339–43.
 47. Almeida ER, Guedes MC, Albuquerque JFC, Xavier H. Hypoglycemic effect of *Bauhinia cheilandra* in rats. *Fitoterapia*. 2006;77(4):276–8.
 48. Itoh T, Kobayashi M, Horio F, Furuichi Y. Hypoglycemic effect of hot-water extract of adzuki (*Vigna angularis*) in spontaneously diabetic KK-Ay mice. *Nutrition*. 2009;25(2):134–41.
 49. Bhaskar A, Vidhya VG, Ramya M. Hypoglycemic effect of *Mucuna pruriens* seed extract on normal and streptozotocin-diabetic rats. *Fitoterapia*. 2008;79(7-8):539–43.
 50. Chen J, Li WL, Wu JL, Ren BR, Zhang HQ. Hypoglycemic effects of a sesquiterpene glycoside isolated from leaves of loquat (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.) *Phytomedicine*. 2008;15(1-2):98–102.
 51. Andrade-Cetto A, Revilla-Monsalve C, Wiedenfeld H. Hypoglycemic effect of *Tournefortia hirsutissima* L. on *n*-streptozotocin diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 2007;112(1):96–100.
 52. Revilla-Monsalve MC, Andrade-Cetto A, Palomino-Garibay MA, Wiedenfeld H, Islas-Andrade S. Hypoglycemic effect of *Cecropia obtusifolia* Bertol. aqueous extracts on type 2 diabetic patients. *Journal of Ethnopharmacology*. 2007;111(3):636–40.
 53. Banskota AH, Nguyen NT, Tezuka Y, Nobukawa T, Kadota S. Hypoglycemic effects of the wood of *Taxus yunnanensis* on streptozotocin-induced diabetic rats and its active components. *Phytomedicine*. 2006;13(2):109–14.
 54. Andrade-Cetto A, Martínez-Zurita E, Wiedenfeld H. Hypoglycemic effect of *Malmea depressa* root on streptozotocin diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;100(3):319–22.
 55. Singab ANB, El-Beshbishy HA, Yonekawa M, Nomura T, Fukai T. Hypoglycemic effect of Egyptian *Morus alba* root bark extract: effect on diabetes and lipid peroxidation of streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;100(3):333–8.
 56. Orhan DD, Aslan M, Sendogdu N, Ergun F, Yesilada E. Evaluation of the hypoglycemic effect and antioxidant activity of three *Viscum album* subspecies (European mistletoe) in streptozotocin-diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;98(1-2):95–102.
 57. Alarcon-Aguilar FJ, Calzada-Bermejo F, Hernandez-Galicia E, Ruiz-Angeles C, Roman-Ramos R. Acute and chronic hypoglycemic effect of *Ibervillea sonorae* root extracts-II. *Journal of Ethnopharmacology*. 2005;97(3):447–52.
 58. Aybar MJ, Riera ANS, Grau A, Sánchez SS. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 2001;74(2):125–32.
 59. Figueiredo AS, Modesto-Filho J. Efeito do uso da farinha desengordurada do *Sesamum indicum* L. nos níveis glicêmicos em diabéticas tipo 2. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 2008;18(1):77–83.
 60. Jong-Yuh C, Mei-Fen S. Potential hypoglycemic effects of *Chlorella* in streptozotocin-induced diabetic mice. *Life Sciences*. 2005;77(9):980–90.
 61. Hwang HJ, Kim SW, Lim JM, Joo JH, Kim HO, Kim HM, et al. Hypoglycemic effect of crude exopolysaccharides produced by a medicinal mushroom *Phellinus baumii* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Life Sciences*. 2005;76(26):3069–80.

62. Wursch P, Pi-Sunyer FX. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes: a review with special emphasis on cereals rich in beta-glucan. *Diabetes Care*. 1997;20(11):1774-80.
63. Kahlon TS, Chow FI, Knuckles BE, Chiu MM. Cholesterol-lowering effects in hamsters of β -glucan-enriched barley fraction dehulled whole barley rice bran and oat bran and their combinations. *Cereal Chemistry*. 1993;70(4):435-40.
64. De Paula ACCFF. Carboidratos flavonóides e atividade antidiabética de *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb Capim-favorito (Poaceae). São Paulo: Universidade de São Paulo; 2002.
65. Ehrenbergerová J, Belcredi NB, Psota V, Hrstková P, Cerkal R, Newman CW. Changes caused by genotype and environmental conditions in beta-glucan content of spring barley for dietetically beneficial human nutrition. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2008;63(3):111-7.
66. Carr JM, Glatter S, Jeraci JL, Lewis BA. Enzymic determination of β -glucan in cereal-based food-products. *Cereal Chemistry*. 1990;67(3):226-9.
67. Kim JB, Olek AT, Carpita NC. Cell wall and membrane-associated exo- β -D-glucanases from developing maize seedlings. *Plant Physiology*. 2000;123(2):471-85.
68. Gibeaut DM, Carpita NC. Tracing cell wall biogenesis in intact cells and plants: selective turnover and alteration of soluble and cell wall polysaccharides in grasses. *Plant Physiology*. 1991;97(2):551-61.
69. Buckeridge MS, Rayon C, Urbanowicz B, Tiné MAS, Carpita NC. Mixed linkage (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans of grasses. *Cereal Chemistry*. 2004;81(1):115-27.
70. Genç H, Ozdemir M, Demirbas A. Analysis of mixed-linked (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans in cereal grains from Turkey. *Food Chemistry*. 2001;73(3):221-4.
71. Manzi P, Pizzo Ferrato L. β -glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2000;68(3):315-8.
72. Wood PJ, Weisz J, Blackwell BA. Structural studies of (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans by 13 C-nuclear magnetic resonance spectroscopy and by rapid analysis of cellulose-like regions using high-performance anion exchange chromatography of oligosaccharides released by lichenase. *Cereal Chemistry*. 1994;71(3):301-7.
73. Jørgensen JB, Robertsen B. Yeast β -glucan stimulates respiratory burst activity of atlantic salmon (*Salmo solar* L.) macrophages. *Developmental and Comparative Immunology*. 1995;19(1):43-57.
74. Wood PJ. Relationships between solution properties of cereal β -glucans and physiological effects – a review. *Trends in Food Science & Technology*. 2002;13(9-10):313-320.
75. Woodward JR, Fincher GB, Stone BA. Water-soluble (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from barley (*Hordeum vulgare*) endosperm. II. Fine structure. *Carbohydrate Polymers*. 1983;3(3):207-25.
76. Parrish FW, Perlin AS, Reese ET. Selective enzymolysis of poly- β -D-glucans and the structure of the polymers. *Canadian Journal of Chemistry*. 1960;38(11):2094-104.
77. Anderson MA, Stone BA. A new substrate for investigating the specificity of β -glucan hydrolases. *FEBS Letters*. 1975;52(2):202-7.
78. Böhm N, Kulicke WM. Rheological studies of barley (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in concentrated solution: investigation of the viscoelastic flow behaviour in the sol state. *Carbohydrate Research*. 1999;315(3-4):293-301.
79. Böhm N, Kulicke WM. Rheological studies of barley (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in concentrated solution: mechanistic and kinetic investigation of the gel formation. *Carbohydrate Research*. 1999;315(3-4):302-11.
80. Cui W, Wood PJ, Blackwell B, Nikiforuk J. Physicochemical properties and structural characterization by two-dimensional NMR spectroscopy of wheat β -D-glucan – comparison with other cereal β -Dglucans. *Carbohydrates Polymers*. 2000;41(3):249-58.
81. Doublier JL, Wood PJ. Rheological properties of aqueous solutions (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan from oats (*Avena sativa* L.). *Cereal Chemistry*. 1995;72(4):335-40.
82. Irakli M, Biliaderis CG, Izydorczyk MS, Papadoyannis IN. Isolation structural features and rheological properties of water-extractable β -glucans from different Greek barley cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004;84(10):1170-8.
83. Izydorczyk MS, Macri LJ, MacGregor AW. Structure and physicochemical properties of barley non-starch polysaccharides-I. Water extractable β -glucans and arabinoxylans. *Carbohydrate Polymers*. 1998;35(3-4):249-58.
84. Izydorczyk MS, Macri LJ, Macgregor AW. Structure and physicochemical properties of barley non-starch polysaccharides-II. Alkali extractable β -glucans and arabinoxylans. *Carbohydrate Polymers*. 1998;35(3-4):259-69.
85. Izydorczyk MS, Biliaderis CG, Macri LJ, Macgregor AW. Fractionation of oat (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans and characterization of the fractions. *Journal of Cereal Science*. 1998;27(3):321-5.
86. Lazaridou A, Biliaderis CG. Cryogelation of cereal β -glucans: structure and molecular size effects. *Food Hydrocolloids* 2004;18(6):933-47.
87. Lazaridou A, Biliaderis CG, Izydorczyk MS. Molecular size effects on rheological properties of oat β -glucans in solution and gels. *Food Hydrocolloids*. 2003;17(5):693-712.
88. Lazaridou A, Biliaderis CG, Micha-Screttas M, Steele BR. A comparative study on structure-function relations of mixed linkage (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4) linear β -D-glucans. *Food Hydrocolloids*.2004;18(5):837-55
89. Skendi A, Biliaderis CG, Lazaridou A, Izydorczyk MS. Structure and rheological properties of water soluble β -glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena byzantina*. *Journal of Cereal Science*. 2003;38(1):15-31.
90. Storsley JM, Izydorczyk MS, You S, Biliaderis CG, Rossnagel B. Structure and physicochemical properties of β -glucans and arabinoxylans isolated from hull-less barley. *Food Hydrocolloids*. 2003;17(6):831-44.
91. Tosh SM, Brummer Y, Wood PJ, Wang Q, Weisz J. Evaluation of structure in the formation of gels by structurally diverse (1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from four cereal and one lichen species. *Carbohydrate Polymers*. 2004;57(3):249-59.

92. Tosh SM, Wood PJ, Wang Q, Weisz J. Structural characteristics and rheological properties of partially hydrolyzed oat β -glucan: the effects of molecular weight and hydrolysis method. *Carbohydrate Polymers* 2004;55(4):425–36.
93. Vaikousi H, Biliaderis CG, Izydorczyk MS. Solution flow behavior and gelling properties of water-soluble barley (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -glucans varying in molecular size. *Journal of Cereal Science*. 2004;39(1):119–37.
94. Blaschek W, Käsbauer J, Kraus J, Franz G. *Pythium aphanidermatum*: culture cell wall composition and isolation and structure of antitumor storage and solubilised cell-wall (1 \rightarrow 3) (1 \rightarrow 6)- β -D-glucans. *Carbohydrate Research*. 1992;231:293-307.
95. Fabre I, Bruneteau M, Ricci P, Michel G. Isolation and structural study on *Phytophthora parasitica* glucans. *European Journal of Biochemistry*. 1984;142(1):99-103.
96. Kojima T, Tabata K, Itoh W, Yanaki T. Molecular weight dependence of the antitumor activity of *Schizophyllan*. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1986;50(1):231-2.
97. Anderson JW, Story L, Sieling B, Chen WJL, Petro MS, Story J. Hypocholesterolemic effects of oat-brain or bean intake for hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1984;40(6):1146-55.
98. Sundberg B, Pettersson D, Aman P. Nutritional properties of fiber-rich barley products fed to broiler-chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1995;67(4):469-76.
99. Braaten J, Wood PJ, Scott FW, Wolynetz MS, Lowe MK, Bradley-White P, et al. Oat beta-glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemic subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1994;48(7):465-74.
100. Wahnefried WD, Bowering J, Cohen PS. Reduced serum cholesterol with dietary change using fat-modified and oat bran supplemented diets. *Journal of the American Dietetic Association*. 1990;90(2):223-9.
101. Hecker KD, Meier ML, Newman RK, Newman W. Barley β -glucan is effective as a hypocholesterolaemic ingredient in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1998;77(2):179–83.
102. Piñero MP, Parra K, Huerta-Leidenz N, Moreno LA, Ferrer M, Araujo S, et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical chemical microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*. 2008;80(3):675–80.
103. Jenkins DJA, Wolever TMS, Rao AV. Effect on blood lipids of very high intakes of fiber in diets low in saturated fat and cholesterol. *New England Journal of Medicine*. 1993;329(1):21-6.
104. Jenkins DJA, Axelsen M, Kendall CWC, Augustin LSA, Vuksan V, Smith U. Dietary fibre lente carbohydrates and the insulin-resistant disease. *British Journal of Nutrition*. 2000;83(1):157–63.
105. Bourdon I, Yokoyama W, Davis P, Hudson C, Backus R, Richter D, et al. Postprandial lipid glucose insulin and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with β -glucan. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999;69(1):55-63.
106. Bell S, Goldman VM, Bistrrian BR, Arnold AH, Ostroff G, Forse A. Effect of β -glucan from oats and yeast on serum lipids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1999;39(2):189–202.
107. Shimizu C, Kihara M, Aoe S, Araki S, Ito K, Hayashi K, et al. Effect of high β -glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in japanese men – a randomized double-blinded placebo-controlled trial. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2008;63(1):21–5.
108. Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999;69(1):30–42.
109. McIntosh GH, Whyte J, McArthur R, Nestel PJ. Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1991;53(5):1205-9.
110. Poulter N, Chang CL, Cuff A, Poulter C, Sever P, Thom S. Lipid profiles after the daily consumption of an oat-based cereal: a controlled crossover trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1993;58(1):66-9.
111. Pomeroy S, Tupper R, Cehun-Aders M, Nestel P. Oat β -glucan lowers total and LDL-cholesterol. *Australian Journal of Nutrition and Dietetics*. 2001;58(1):51–5.
112. Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004;80(5):1185–93.
113. Kalra S, Jood S. Effect of dietary barley β -glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats. *Journal of Cereal Science*. 2000;31(2):141–5.
114. Anderson JW, Gustafson NJ. Hypocholesterolemic effects of oat and bean products. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1988;48(3):749-53.
115. Pick ME, Hawrysh ZJ, Gee MI, Toth E. Barley bread products improve glycemic control of type 2 subjects. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1998;49(1):71–8.
116. Czop JK, Austen KF. A β -glucan inhibitable receptor on human monocytes: its identity with the phagocyte receptor for particulate activators of the alternative complement pathway. *Journal of Immunology*. 1985;134(4):2588-93.
117. Yokoyama WH, Hudson CA, Knuckles BE, Chiu MCM, Sagre RN, Tulund JR, et al. Effect of barley β -glucan in durum wheat pasta on human glycemic response. *Cereal Chemistry*. 1997;74(3):293-4.
118. Jenkins AL, Jenkins DJA, Zdravkovic U, Würsch P, Vuksan V. Depression of the glycemic index by high levels of β -glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2002;56(7):622–8.
119. Nilsson A, Granfeldt Y, Östman E, Preston T, Björck I. Effects of GI and content of indigestible carbohydrates of cereal-based evening meals on glucose tolerance at a subsequent standardized breakfast. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2006;60(9):1092–9.

120. Battilana P, Ornstein K, Minehira K, Schwarz JM, Acheson K, Schneiter P, et al. Mechanisms of action of β -glucan in postprandial glucose metabolism in healthy men. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2001;55(5):327–33.
121. Mälkki Y, Virtanen E. Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Food Science and Technology*. 2001;34(6):337-47.
122. Agüero LL, Sesar MD, Pizzorno L, Vilella F, Stella AM. Utilización de extractos de *Avena sativa* L. en dermatitis. *Revista Argentina de Dermatología*. 2006;87(2):100-5.
123. Angeli JPF, Ribeiro LR, Angeli JLF, Mantovani MS. Protective effects of β -glucan extracted from barley against benzo[a]pyrene-induced DNA damage in hepatic cell HepG2. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2009;61(1):83–9.
124. Schneeman B. Dietary fibre and gastrointestinal function. *Nutrition Research*. 1998;18(4):625-32.
125. Souza A, Moraes MG, Ribeiro RCLF. Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos. *Acta Botanica Brasílica*. 2005;19(1):81-90.
126. Souza VC, Lorenzi H. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira em APGII*. São Paulo: Nova Odessa; 2008.
127. D’Antonio CM, Vitousek PM. Biological invasions by exotic grasses the grass/fire cycle and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1992;23(1):63-87.
128. Lorenzi H. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres aquáticas parasitas e tóxicas*. São Paulo: Nova Odessa; 2000.
129. Fioravanti C, França E. Açúcar obtido do capim-favorito facilita a absorção de glicose e pode ajudar a controlar o diabetes. *Revista Pesquisa FAPESP*. 2005;108:42-44.
130. Carpita NC. Fractionation of the hemicelluloses from maize cell walls with increasing concentrations of alkali. *Phytochemistry*. 1984;23(5):1089-93.