

Influência do consumo de diferentes níveis de *Spirulina* no desenvolvimento e perfil lipídico de ratos¹

Lidiane Moreira Chiattoni^{2*}, Mírian Ribeiro Galvão Machado³, Rosane da Silva Rodrigues⁴,
Leonor Almeida de Souza Soares⁵

<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562020003>

RESUMO

Spirulina é uma cianobactéria que vem sendo produzida e estudada por suas propriedades nutricionais e por seus benefícios à saúde. Neste estudo, avaliou-se a influência de dietas acrescidas de diferentes concentrações de *Spirulina* sobre o desenvolvimento corporal e o perfil lipídico de ratos. Foram utilizados 24 ratos *Wistar*, alimentados, durante 40 dias, com quatro dietas isoproteicas (10%) distintas, sendo seis animais por grupo: 1) Dieta controle (AIN93G adaptada); 2) Dieta S1 (8,8% de *Spirulina*); 3) Dieta S2 (17,6% de *Spirulina*); 4) Dieta S3 (26,4% de *Spirulina*). Foram avaliados parâmetros nutricionais e o perfil lipídico dos animais, cujos dados foram analisados estatisticamente por Análise de Variância, seguida do teste de Tukey, a 5% de significância ($p \leq 0,05$). O tratamento com 8,8% de *Spirulina* mostrou-se equivalente ao controle, apresentando respostas mais adequadas de CEA, medidas de crescimento e lipídios séricos. Já o S2 não foi capaz de promover um bom desenvolvimento corporal, comparado com o do controle, além de elevar os níveis de colesterol total e LDL-c. O tratamento S3 apresentou somente valores estatisticamente diferentes de HDL-c, quando comparado com os do controle ($p \leq 0,05$). Conclui-se que, no tempo e condições do estudo, o tratamento S3, único com *Spirulina* como fonte exclusiva de proteína, foi capaz de substituir a fonte proteica padrão (caseína) na dieta para roedores, promovendo o adequado desenvolvimento corporal e lipídico dos animais.

Palavras-chave: avaliação biológica, efeito metabólico, *Rattus norvegicus*, lipídios séricos.

ABSTRACT

Influence of consumption of different levels of *Spirulina* on the development and lipid profile in rats

Spirulina is a cyanobacterium that has been produced and studied because of their nutritional properties and health benefits. This study evaluated the influence of diets added with different concentrations of *Spirulina* on body development and lipid profiles in Wistar rats. The experiment used twenty-four Wistar rats. The animals were fed for 40 days with four different isoprotein diets (10%), with 6 animals per group: 1) control diet (adapted AIN93G), 2) Diet S1 - (8.8% *Spirulina*), 3) S2 diet (17.6% *Spirulina*) 4) Diet S3 (26.4% *Spirulina*). The study evaluated nutritional parameters and lipid profile of the animals, whose data were statistically compared by analysis of variance, followed by Tukey's test, at significance level of 5% ($p \leq 0.05$). Treatment with 8.8% of *Spirulina* was equivalent to control, presenting the most appropriate responses to CEA, growth measures and serum lipids. In

Submetido em 02/08/2012 e aprovado em 13/03/2015.

¹ Este trabalho é parte da dissertação da primeira autora.

² Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. lidianemunizmoreira@yahoo.com.br

³ Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. miriangalvão@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. rosane.rodrigues@ufpel.edu.br

⁵ Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. leonor.souzasouares@gmail.com

*Autor para correspondência: lidianemunizmoreira@yahoo.com.br

contrast, S2 was not able to promote good body development, compared to the control, in addition to increasing the levels of total cholesterol and LDL-c. Treatment S3 showed only statistically different values of HDL-C compared to control ($p \leq 0.05$). It was concluded that during the time and conditions of the study, treatment S3, the only one with *Spirulina* as the sole source of protein, was able to replace the standard source of protein - casein - in the diet of rodents, promoting the adequate development of body and lipids in the animals.

Key words: biological assay, metabolic effect, *Rattus norvegicus*, serum lipids.

INTRODUÇÃO

Microalgas são fontes economicamente viáveis de proteína para uso na alimentação (Colla *et al.*, 2008), com destaque para a cianobactéria *Spirulina* (*Arthrospira*), que contém cerca de 60 a 70% de proteínas, cujos aminoácidos encontram-se em teores próximos aos recomendados como padrão pela FAO (Food and Agriculture Organization). Contêm ainda beta-caroteno, ferro absorvível, além de outros minerais e altos níveis de vitaminas, ácido gama-linolênico e outros ácidos graxos essenciais (Belay *et al.*, 1993; FDA, 2012). Tem sido bastante estudada também, por causa da presença de ficocianina e compostos fenólicos os quais lhe conferem atividade antioxidante, frequentemente associada à capacidade de redução de hiperlipidemias (Alves *et al.*, 2005; Colla *et al.*, 2008; Bertolin *et al.*, 2009). Atualmente, no Brasil, a *Spirulina* é classificada como novo ingrediente e seu consumo diário, recomendado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é de 1.6 g/indivíduo (Brasil, 2009). Segundo Becker (2007), entre os fatores que limitam o uso de microalgas na alimentação humana está a presença da parede celular, que pode influenciar na digestibilidade e absorção e, ainda, o alto conteúdo de ácidos nucleicos, cuja ingestão em excesso pode levar ao seu acúmulo no organismo humano e, conseqüentemente, a doenças como gota e cálculo renal. A partir do consumo diário de *Spirulina* (1.6 g/indivíduo) preconizado pela ANVISA, estabeleceu-se o objetivo desta pesquisa, que foi avaliar a influência de dietas acrescidas de diferentes concentrações de *Spirulina* LEB-18 no desenvolvimento corporal e no perfil lipídico de ratos *Wistar*.

MATERIAL E MÉTODOS

Biomassa microalgal

A microalga utilizada neste trabalho foi a *Spirulina* da cepa LEB-18/FURG, isolada da Lagoa Mangureira. Sua produção é realizada na Planta Piloto localizada às margens da Lagoa Mangureira (33°30' 13" S e 53°08' 59"

W), em Santa Vitória do Palmar, RS. A unidade consiste de três tanques abertos, tipo raceway, de 10.000 L e de um tanque aberto, tipo raceway, de 1.000 L para propagação do inóculo. Os cultivos são protegidos por túnel de filme transparente com proteção contra raios UV e expostos a condições ambientais naturais. Quando a microalga atinge a concentração de 0,50 g.L⁻¹, sua biomassa é separada por meio de filtração e secada em secador de bandejas, a 50 °C, por 5 h (Moraes *et al.*, 2008).

Modelos biológicos

Para realização do estudo, 24 *Rattus norvegicus* da cepa *Wistar*, machos, recém desmamados (21 dias), com peso médio de 70 g, provenientes do Biotério da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), RS, Brasil, foram distribuídos aleatoriamente em grupos (n = 6) e alojados individualmente em gaiolas de arame galvanizado. Estes animais foram mantidos durante cinco dias para adaptação às condições laboratoriais (fase de pré-experimento). Após este período, os animais foram pesados e redistribuídos, conforme a massa corporal, em quatro grupos homogêneos (Berndtson, 1991): C (n = 6), S1 (n = 6), S2 (n = 6), S3 (n = 6).

Dietas

Seguindo as determinações do Instituto Americano de Nutrição (American Institute of Nutrition), o qual publicou em 1993 a fórmula de uma dieta para ratos em crescimento (AIN-93G, growingrats) (Reeves *et al.*, 1993), foram preparadas semanalmente no Laboratório de Processamento de Alimentos da UFPEL quatro dietas (Tabela 1): dieta controle (C) (AIN93G adaptada); dieta S1 (8,8% de *Spirulina*); dieta S2 (17,6% de *Spirulina*) e dieta S3 (26,4% de *Spirulina*). A formulação da dieta C, apesar da recomendação de 20% de ingestão de proteína pela AIN-93G, foi calculada para apresentar 10% deste nutriente (Miller & Bender, 1955; Sgarbieri, 1996; Jood & Singh, 2001). Para obtenção desta dieta C, com 10% de proteína, foram adiciona-

dos 120 g de caseína, já que essa não se apresentava pura (> 85% de proteína), o restante dos ingredientes, conforme preconizado por Reeves *et al.* (1993), e o amido de milho adicionado para completar 1000 g de dieta. Para formulação das dietas S1, S2 e S3, o cálculo foi baseado na composição proximal da biomassa e na quantidade de ingestão diária recomendada para roedores (20 g/rato/dia) (Souza-Soares *et al.*, 2009) e no limite estabelecido pela ANVISA como consumo máximo diário de *Spirulina* (1,6 g/indivíduo/dia) (Brasil, 2009).

Experimento in vivo

O experimento foi realizado durante 40 dias, período em que o laboratório permaneceu sob condições de luz (fotoperíodo de 12 h) e temperatura (22 ± 2 °C) controladas, como também sob renovação de ar por sistema de exaustão.

Determinação dos parâmetros ponderais

As dietas foram ofertadas diariamente (20 g/rato), assim como a pesagem da ração não consumida, obtendo-se o valor de ingesta diária. Os pesos dos animais foram registrados semanalmente para cálculo do ganho de peso. Após os 40 dias experimentais, os animais foram avaliados biometricamente, por meio do peso corporal final (g), comprimento vértice-cóccix, comprimento dos membros torácicos e medida da circunferência abdominal (cm).

Análise química da biomassa, dietas e fezes

A composição proximal da biomassa e das dietas foi determinada conforme métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), com exceção de lipídios totais, os quais foram

determinados por método de Bligh & Dyer (1959), também utilizado para avaliação de lipídios nas fezes.

Avaliação nutricional

Foram realizadas as seguintes determinações para avaliação da qualidade das dietas em estudo: Coeficiente de Eficácia Alimentar (CEA), dado pela razão entre o ganho de peso e a quantidade total de dieta ingerida durante o experimento; e Digestibilidade Lipídica Aparente (DL), obtida por meio do cálculo: $[\text{lipídio ingerido} - \text{lipídio excretado nas fezes} / \text{lipídio ingerido}] \times 100$ (Sgarbieri, 1996).

Análise bioquímica do soro

Ao término do experimento, os animais foram submetidos a um jejum de 12 horas e eutanasiados. Alíquotas de sangue foram coletadas e centrifugadas a $1000 \times g$ x 15 min, a 4 °C, em tubos de ensaio para obtenção do soro, o qual foi congelado a -18°C e, posteriormente, analisado em avaliador bioquímico LabMax 240 (LABTEST DIAGNÓSTICA S.A.) quanto aos teores de colesterol total, LDL-colesterol (lipoproteína de baixa densidade), HDL-colesterol (lipoproteína de alta densidade), VLDL-colesterol (lipoproteína de baixíssima densidade) e triacilgliceróis.

A execução do experimento foi aprovada pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da UFPel, RS, Brasil (processo nº 23110. 008077/2009-22), em conformidade com as normas do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – COBEA.

Análise estatística

Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparação entre as médias a 5% ($p \leq 0,05$) de significância.

Tabela 1. Formulação das dietas C (Controle), S1 (*Spirulina* 8,8%), S2 (*Spirulina* 17,6%) e S3 (*Spirulina* 26,4%)

	Ingredientes(g.kg ⁻¹)			
	C	S1 ¹	S2 ¹	S3
<i>Spirulina</i> LEB-18 (56% proteína; 7,4% lipídios; 10,7% minerais; 0,5% fibras)	-	88,0	176,0	264,0
Caseína (> 85% proteína)	120,0	50,5	1,5	-
Óleo de soja	70,0	63,5*	57,0*	50,5*
Mistura de minerais ²	35,0	25,5*	16,0*	6,5*
Mistura de vitaminas ²	10,0	10,0	10,0	10,0
L- cistina	3,0	3,0	3,0	3,0
Bitartarato de colina	2,5	2,5	2,5	2,5
Farelo de trigo	50,0	43,5*	37,0*	30,5*
Sacarose	100,0	100,0	100,0	100,0
Amido de milho ³	609,5	613,5	597,0	533,0

¹ Para obtenção de 10% de proteína, mínimo necessário para desenvolvimento de roedores, as dietas S1 e S2 foram suplementadas com caseína;

² Preparado conforme AIN-93G (Reeves *et al.*, 1993);

³ Adicionado para completar a dieta;

* Descontado valor intrínseco presente na microalga.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se (Tabela 2) que o grupo S3 não diferiu do grupo C relativamente a todos os parâmetros ponderais e nutricionais avaliados. Da mesma forma, o grupo S1, apesar de apresentar menor consumo que C ($p \leq 0,05$), resultou em parâmetros ponderais e nutricionais semelhantes, estatisticamente ($p > 0,05$), ao grupo controle (C), indicando ser também sua formulação uma boa fonte proteica. Já o grupo S2 apresentou valores de peso final, ganho de peso total, consumo alimentar total, vértice-cóccix, circunferência abdominal e coeficiente de eficiência alimentar inferiores ($p \leq 0,05$) aos do grupo C.

De acordo com Vieira & Bion (1998), proteínas originadas de diferentes misturas e usadas em diferentes proporções podem resultar em variações nas concentrações de aminoácidos limitantes, os quais interferem na eficiência de sua utilização pelo homem e pelos animais. Rogatto *et al.* (2004) analisaram uma dieta com 17% de *Spirulina*, em substituição total à proteína da dieta controle (caseína), em ratos machos jovens *Wistar* durante cinco semanas e obtiveram CEA de 0,21, valor este semelhante ao que se encontrou nos tratamentos com 17,6 e 26,4% de *Spirulina* (0,23 e 0,22; respectivamente).

Proteínas de menor qualidade ou combinação de diferentes proteínas que apresentam deficiências em aminoácidos essenciais serão, preferencialmente, destinadas a vias metabólicas de catabolismo. Após a degradação no trato gastrointestinal das proteínas ingeridas em seus aminoácidos, estes alcançam o fígado através da corrente sanguínea. Chegando ao fígado, o primeiro passo no catabolismo dos aminoácidos é a remoção dos grupos amino, por ação de transaminases, resultando na formação de glutamato e de unidades de três e quatro átomos de carbonos (α -cetoácidos). Estes esqueletos carbônicos provenientes da desaminação dos aminoáci-

dos são convertidos em glicose, por meio da gliconeogênese, a qual poderá ser utilizada para suprir as necessidades energéticas das células ou para ser armazenada na forma de ácidos graxos, por meio do metabolismo hepático (Devlin, 2007).

A hiperlipidemia caracteriza-se por uma série de distúrbios ocasionados pelo excesso de substâncias, dentre estas o colesterol, triacilgliceróis e lipoproteínas do plasma sanguíneo, como HDL (lipoproteína de alta densidade), LDL (lipoproteína de baixa densidade) e VLDL (lipoproteína de densidade muito baixa), sendo um importante fator de risco no desenvolvimento de doenças cardíacas e de arteriosclerose. Na Tabela 3, observa-se que o grupo S1 não diferiu do C em todos os parâmetros bioquímicos avaliados; já o S2 apresentou níveis de colesterol total e de LDL-c e LDL/HDL mais elevados ($p \leq 0,05$) que C; enquanto o S3 resultou em HDL-c inferior e LDL/HDL maior que C ($p \leq 0,05$).

Se for tomado como referência o valor médio de colesterol total (46 mg.dL^{-1}), em *Rattus norvegicus* sadios descrito por Mitruka & Rawnsley (1981), os tratamentos S1 e S3 apresentam as melhores respostas. Vilela *et al.* (2000), ao avaliarem os níveis séricos de lipídios em ratos *Wistar* com 21 dias, sob ação de uma dieta com extrato proteico de leveduras em substituição à caseína, constataram que esta (58 mg.dL^{-1} de colesterol total) se comportou semelhantemente ao controle com caseína (60 mg.dL^{-1} de colesterol total). Denardin *et al.* (2009) encontraram $62,67$ e $72,93 \text{ mg.dL}^{-1}$ de colesterol total em ratos *Wistar* alimentados com dieta com arroz e macarrão em substituição à caseína, respectivamente.

Bertolin *et al.*, (2009), autores que estudaram o efeito da *S. platensis* no perfil lipídico de ratos *Wistar*, não encontraram alteração significativa ao tratar os animais com dieta hipercolesterolêmica, acrescida de *Spirulina*, por 60 dias, sugerindo que a microalga associada a uma

Tabela 2. Respostas ponderais e nutricionais de ratos *Wistar* alimentados por 40 dias com as dietas C (controle), S1 (8,8% *Spirulina*), S2 (17,6% *Spirulina*) e S3 (26,4% *Spirulina*)

Determinação	Tratamentos			
	C	S1	S2	S3
PI (g)*	70,65 ± 11,15 ^a	70,33 ± 7,10 ^a	68,33 ± 8,80 ^a	73,65 ± 7,10 ^a
PF (g)	253,33 ± 27,35 ^a	263,65 ± 20,00 ^a	200,35 ± 19,25 ^b	232,65 ± 14,50 ^{ab}
GPT (g)	182,65 ± 35,00 ^a	175,33 ± 20,90 ^a	134,33 ± 14,05 ^b	156,15 ± 15,75 ^{ab}
CAT (g)	622,10 ± 22,30 ^a	573,45 ± 26,60 ^b	575,85 ± 30,25 ^b	654,25 ± 24,00 ^a
VC (cm)	20,85 ± 0,80 ^a	20,98 ± 0,35 ^a	19,60 ± 0,85 ^b	20,25 ± 0,80 ^{ab}
MT (cm)	13,30 ± 0,65 ^{ab}	13,35 ± 0,40 ^b	12,55 ± 0,40 ^a	13,15 ± 0,40 ^{ab}
CA (cm)	16,10 ± 1,05 ^a	16,00 ± 1,85 ^a	13,95 ± 0,65 ^b	14,95 ± 1,15 ^{ab}
CEA	0,28 ± 0,05 ^{ab}	0,32 ± 0,04 ^a	0,23 ± 0,04 ^b	0,22 ± 0,03 ^b
DL	78,25 ± 3,55 ^a	75,60 ± 3,50 ^a	69,45 ± 3,55 ^a	75,25 ± 3,70 ^a

Média ± desvio padrão; letras distintas em uma mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$);

*Depois de 5 dias de adaptação;

PI: peso inicial; PF: Peso final; GPT: Ganho de peso total; CAT: consumo alimentar total; VC: vértice-cóccix; MT: membros torácicos; CA: circunferência abdominal; CEA: coeficiente de eficácia alimentar; DL: digestibilidade lipídica aparente.

dieta rica em colesterol não altera os níveis lipídicos. Segundo Miller (1993), a fração LDL-c deve representar cerca de dois terços (2/3) do valor do colesterol total, fato esse ocorrido nos animais do grupo S2, no qual, apesar do colesterol total estar elevado, os valores de LDL-c aumentaram proporcionalmente.

Bertolin *et al.* (2009) não avaliaram os níveis de LDL-c individualmente e, sim, em somatório ao valor de VLDL-c, obtendo 60,1 mg.dL⁻¹. Ao se somarem os resultados obtidos de LDL-c e VLDL, neste estudo, são encontrados os seguintes valores: 39,75; 36,15; 54,71 e 40,61 mg.dL⁻¹ para C, S1, S2 e S3, respectivamente. Estes valores, quando calculados os seus percentuais em relação ao do colesterol total, mostram índices de 56,7% (dieta controle), 56,0% (S1), 61,6% (S2) e 62,8% (S3) em relação aos mesmos, indicando uma resposta mais harmônica entre as dietas. Esses dados assemelham-se aos obtidos por Bertolin *et al.*, (2009) para dietas fornecidas durante 30 e 60 dias, respectivamente, que foram 61,5 e 76,7% (controle), 34,6 e 69,5% (hiperlipídica com 5% de colesterol) e 41,8 e 60,7% (hiperlipídica com 5% de *Spirulina*), indicando, nas respostas, o efeito da duração do experimento e que a presença de *Spirulina* na dieta hiperlipêmica, em função deste, não foi efetiva. Evidenciam, também, a tendência hiperlipêmica das dietas contendo caseína.

Na patogênese da aterosclerose, a lipoproteína de alta densidade (HDL-c) apresenta um importante papel protetor, pois transporta o excesso de colesterol das artérias e da corrente sanguínea até o fígado, onde é metabolizado e eliminado sob a forma de ácidos e sais biliares (Duarte *et al.*, 2009). Na Tabela 3, observa-se que o tratamento com maior percentual de *Spirulina* (S3) resultou em níveis de HDL-c inferiores ($p \leq 0,05$) ao controle. Bertolin *et al.*, (2009) encontraram níveis de HDL-c igual a 12,3 mg.dL⁻¹, nos animais do grupo controle, e 32,3 mg.dL⁻¹, nos animais alimentados com dieta hipercolesterêmica acrescida de *Spirulina*.

De forma semelhante ao que foi relatado, anteriormente, em relação aos valores de colesterol total, os dados para colesterol HDL deste trabalho, quando con-

siderados seus percentuais, indicam 43,5% (C), 43,6% (S1), 36,5% (S2) e 36,6% (S3), assemelhando-se aos dados de Bertolin *et al.* (2009), que foram, respectivamente, de 38,9 e 19,7% (controle), 56,7 e 27,5% (hiperlipídica) e 45,6 e 32,5% (hiperlipídica + 5% de *Spirulina*). Estes valores, quando calculados os seus percentuais em relação aos de colesterol total, mostram índices de 56,7% (C), 56,0% (S1), 61,6% (S2) e 62,8% (S3). No estudo de Vilela *et al.* (2000), uma dieta com extrato proteico de leveduras em substituição à caseína comportou-se semelhantemente (45 mg.dL⁻¹) àquela com caseína (50 mg.dL⁻¹), quanto ao teor de HDL-c presente no soro de ratos *Wistar*.

Embora ainda não tenha sido determinada a relação LDL/HDL ideal para roedores e o valor estipulado para humanos não possa ser utilizado diretamente, conveniona-se que esta relação deva ser a menor possível para indicar uma característica benéfica. O grupo S1 não diferiu do controle na relação LDL/HDL, ambos apresentando valores mais baixos ($p \leq 0,05$) que os grupos S2 e S3. Contudo, todas as dietas acrescidas de *Spirulina* bem como a dieta controle resultaram em valores superiores aos encontrados por Silva (2009), de 0,43 e 0,30 mg.dL⁻¹, em ratos fêmeas *Wistar* alimentados com as dietas controle e experimental (leite caprino), respectivamente.

Triacilgliceróis são os lipídios presentes em maior quantidade na alimentação e constituem a forma de armazenamento de todo o excesso de nutrientes, seja carboidrato, proteína ou o próprio lipídio, representando a maior reserva energética dos mamíferos (Devlin, 2007). Os tratamentos não diferiram entre si quanto aos níveis de triacilgliceróis, sendo estes apresentados numa faixa de 66,35 a 78,00 mg.dL⁻¹. De acordo com dados preconizados pela equipe do Centro de Bioterismo da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP, 2010), triacilgliceróis devem estar presentes no soro de *Rattus norvegicus* sadios em torno de 66,35 a 78,0 mg.dL⁻¹. Apesar de não ter havido diferença estatística entre os grupos, observa-se que o tratamento S3, o qual apresenta *Spirulina* como fonte exclusiva de pro-

Tabela 3. Respostas bioquímicas de ratos *Wistar* alimentados por 40 dias com dietas C (controle), S1 (8,8% *Spirulina*), S2 (17,6% *Spirulina*) e S3 (26,4% *Spirulina*)

Determinação(mg.dL ⁻¹)	Tratamentos			
	C	S1	S2	S3
Colesterol total	70,15 ± 8,49 ^a	64,50 ± 10,83 ^a	88,83 ± 3,90 ^b	64,50 ± 11,15 ^a
HDL-c	30,50 ± 3,70 ^a	28,15 ± 3,90 ^{ab}	34,16 ± 1,72 ^a	23,65 ± 2,33 ^b
LDL-c	23,15 ± 9,05 ^b	20,65 ± 12,20 ^b	39,15 ± 3,15 ^a	27,35 ± 4,85 ^{ab}
LDL/HDL	0,75 ± 0,30 ^a	0,70 ± 0,35 ^a	1,14 ± 0,15 ^b	1,15 ± 0,20 ^b
VLDL-c	16,60 ± 6,65 ^a	15,50 ± 6,15 ^a	15,56 ± 4,27 ^a	13,26 ± 5,34 ^a
Triacilgliceróis	70,95 ± 16,55 ^a	77,50 ± 30,70 ^a	78,00 ± 21,30 ^a	66,35 ± 26,75 ^a

Média ± desvio padrão; letras distintas em uma mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

teínas, obteve respostas menores de triacilgliceróis. Já os grupos, que têm como fonte proteica uma mistura de caseína e *Spirulina*, obtiveram valores maiores de triacilgliceróis que os tratamentos S3 e C.

A utilização da *Spirulina* como alimento tem sido bastante discutida, pelo fato de ser boa fonte de proteína, vitaminas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados (Rogatto *et al.*, 2004; Ambrosi *et al.*, 2008; Moreira *et al.*, 2011). Segundo Colla *et al.* (2008), a presença de compostos antioxidantes, como ficocianina, compostos fenólicos, e ácidos graxos poli-insaturados pode ser a principal responsável pela diminuição dos níveis lipídicos. A capacidade antioxidante de extratos de *Spirulina* foi avaliada por Miranda *et al.* (1998) no plasma de ratos *Wistar* adultos, os quais receberam uma dose diária de 5 mg/dia do extrato por 2 e 7 semanas. Os autores consideraram que as quantidades de ácidos fenólicos, α -tocoferol e β -caroteno, presentes na *Spirulina*, foram responsáveis pela redução dos níveis lipídicos dos animais.

CONCLUSÃO

As diferentes concentrações de *Spirulina* cepa LEB-18 (8,8, 17,6 e 26,4%) influenciaram diferentemente o desenvolvimento corporal e os níveis bioquímicos determinados em ratos *Wistar*. O tratamento com 8,8% de *Spirulina* mostrou-se equivalente ao controle, apresentando respostas mais adequadas de CEA, medidas de crescimento e lipídios séricos. Já o S2 não foi capaz de promover um bom desenvolvimento, comparativamente ao controle, além de elevar os níveis de colesterol total e LDL-c, enquanto S3 apresentou somente valores inferiores de HDL-c, quando comparado ao controle ($p \leq 0,05$). Assim, conclui-se que, no tempo e condições deste estudo, o tratamento S3, único com *Spirulina* como fonte exclusiva de proteína, foi capaz de substituir a fonte proteica padrão (caseína) na dieta para roedores, mostrando-se adequada para o desenvolvimento corporal e lipídico dos animais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto PRÓ-ENGENHARIA, da CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

Alves CR, Voltarelli FA & Mello MAR (2005) *Spirulina* as a protein source in the recovery of undernourished rats: effect on skeletal muscle. Revista Digital de Educación Física y Deportes. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd86/spirulin.htm>>. Acessado em: julho de 2012.

Ambrosi MA, Reinehr CO, Bertolin TE, Costa JAV & Colla LM (2008) Propriedades de saúde de *Spirulina* spp. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, 29:109-117.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists (1995) Official methods of analysis. 16^{ed}. Washington, AOAC International. 1094p.

Becker EW (2007) Micro-algae as a source of protein. Biotechnology Advances, 25:207-210.

Belay AOY, Miyakawa K & Shimamatsu H (1993) Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. Journal Applied Phycology, 5:235-241.

Berntson WE (1991) A simple rapid and reliable method for selecting or assessing the number of replicates for animal experiments. Journal Animal Science, 69:67-76.

Bertolin TE, Pilatti D, Giacomini ACVV, Bavaresco CS, Colla LM & Costa JAV (2009) Effect of microalga *Spirulina* platensis (Arthrospira platensis) on hippocampus lipoperoxidation and lipid profile in rats with induced hypercholesterolemia. Brazilian Archives of Biology and Technology, 52:1253-1259.

Bligh EG & Dyer WJ (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37:911-917.

Brasil (2009) Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos - Lista dos Novos Ingredientes aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária em maio de 2009. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/index.htm>>. Acessado em: 07 de julho de 2012.

Colla ML, Muccilo-Baisch AL & Costa JAV (2008) *Spirulina* platensis effects on the levels of total cholesterol, HDL and triacylglycerols in rabbits fed with a hypercholesterolemic diet. Brazilian Archives of Biology and Technology, 51:405-411.

Denardin CC, Bouffleur N, Reckziegel P & Silva LP (2009) Influência do consumo de arroz ou de macarrão no desempenho e resposta metabólica em ratos. Alimentos e Nutrição, 20:441-449.

Devlin TM (2007) Textbook of biochemistry – with clinical correlations. São Paulo, Edgard Blucher. 1186p.

Duarte SMS, Abreu CMP, Menezes HC, Paula FBA, Pereira RGFA & Gouvea CMCP (2009) Peeled coffee brew effect in the antioxidant activity hematological and biochemical parameters in rats. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 29:703-708.

FDA (2012) Food and Drug Administration. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedAsSafeGRAS/GRASListings/ucm153674.htm>>. Acessado em: 07 de julho de 2012.

FMUSP (2010) Biotechnology Center School of Medicine. University of São Paulo. Disponível em: <<http://www.biot.fm.usp.br/site1/index-2.html>>. Acessado em: 13 de outubro de 2010.

Jood S & Singh M (2001) Amino acid composition and biological evaluation of the protein quality of high lysine barley genotypes. Plant Foods Human Nutrition, 56:145-155.

Miller DS & Bender AE (1955) The determination of the net protein utilization of proteins by a hortened method. Britsch Journal Nutritional, 9:382-388.

Miller O (1993) Laboratório para o clínico. Rio de Janeiro, Atheneu. 493p.

Miranda MS, Cintra RG, Barros SBM & Filho JM (1998) Antioxidant activity of the microalga *Spirulina* maxima. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 31:1075-1079.

Mitruka MB & Rawnsley HM (1981) Clinical, biochemical and hematological reference values in normal experimental animals and normal humans. New York, Masson Publishing. 314p.

Morais MG, Reichert CC, Dalcanton F, Durante AJ, Marins LFF & Costa JAV (2008) Isolation and characterization of a new Arthrospira strain. Zeitschrift für Naturforschung, 63:144-150.

- Moreira LM, Rocha ASR, Ribeiro CLG, Rodrigues RS & Souza-Soares LA (2011) Nutritional evaluation of single-cell protein produced by *Spirulina platensis*. African Journal of Food Science, 5:799-805.
- Reeves PG, Nielsen FH & Fahey JR (1993) AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76 Rodent Diet. Journal of Nutrition, 123:1939-1951.
- Rogatto GP, Oliveira CAM, Santos JW, Machado F, Nakamura FY, Moraes C, Zagatto AM, Faria MC, Afonso M & Mello MAR (2004) Influence of *Spirulina* intake on metabolism of exercised rats. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 10:258-263.
- Sgarbieri VC (1996) Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradação, modificação. São Paulo, Editora e Livraria Varela. 517p.
- Silva PV (2009) Leite caprino: caracterização físico-química, perfil de ácidos graxos e avaliação biológica (ratos fêmeas *Wistar*). Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 146p.
- Souza-Soares LA, Machado MRG & Rodrigues RS (2009) Experimentação com animais de laboratório: manual básico. Pelotas, Editora Universitária. 468p.
- Vieira RL & Bion FM (1998) Biological value of diet based on soybean (*Glycine hispida*) and mesquite (*Prosopis juliflora*). Boletim Ceppa, 16:85-98.
- Vilela ESD, Sgarbieri VC & Alvim ID (2000) Nutritive value of biomass of integral cells, autolysate and extract and yeast cells from beer. Revista de Nutrição, 16:127-134.