



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro Biomédico

Instituto de Nutrição

Luciana de Almeida Vittori Gouveia

**Caracterização físico-química e microbiológica de sementes, farinha e óleo  
de gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

Rio de Janeiro

2015

Luciana de Almeida Vittori Gouveia

**Caracterização físico-química e microbiológica de sementes, farinha e óleo de gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Annie Seixas Bello Moreira

Co-Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Lilia Zago

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CEH/A

G719 Gouveia, Luciana de Almeida Vittori.  
Caracterização físico-química e microbiológica de sementes, farinha e óleo de gergelim (*Sesamum indicum* L.) / Luciana de Almeida Vittori Gouveia. – 2015. 107 f.

Orientadora: Annie Seixas Bello Moreira.  
Coorientadora: Lilia Zago.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Nutrição.

1. Nutrição – Teses. 2. Sesamum – Teses. 3. Gergelim – Teses. 4. Óleo de Gergelim – Teses. 5. Nutrientes – Teses. I. Moreira, Annie Seixas Bello. II. Zago, Lilia. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Nutrição. IV. Título.

es

CDU 612.3

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Luciana de Almeida Vittori Gouveia

**Caracterização físico-química e microbiológica de sementes, farinha e óleo de gergelim  
(*Sesamum indicum* L.)**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-  
graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, da  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 08 de julho de 2015

Orientadora:     Prof.a. Dra. Annie Seixas Bello Moreira (Orientador)  
                          Instituto de Nutrição – UERJ

                          Prof.<sup>a</sup> Dra. Lilia Zago  
                          Instituto de Nutrição – UERJ

Banca examinadora:

---

Prof.a. Dra. Flávia Fioruci Bezerra  
Instituto de Nutrição – UERJ

---

Prof. Dr. Julio Beltrame Daleprane  
Instituto de Nutrição - UERJ

---

Prof.a. Dra. Glorimar Rosa  
Instituto de Nutrição Josué de Castro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2015

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho à minha mãe, que sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida, me incentivando, me apoiando e acreditando na minha capacidade e no meu potencial, sempre me ajudando a cada dia no meu crescimento pessoal e profissional. Muito obrigada por toda a dedicação e amor que sempre teve por mim. Sem a sua ajuda seria muito difícil alcançar tantos objetivos em minha vida pessoal e profissional. Muito obrigada!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças e por ter me iluminado, permitindo a realização e a conclusão de mais um trabalho, de mais um sonho realizado.

Agradecimento especial a toda minha família e meus amigos por me acompanharem nessa trajetória e pela confiança, apoio, amizade e torcida de sempre.

Aos meus pais, meus sinceros agradecimentos, pela amizade, carinho, amor, incentivo, apoio, força e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Ao meu namorado, Christian, meus sinceros agradecimentos, pelo interesse no meu trabalho, por todo apoio, compreensão, amor, incentivo e por acreditar na minha capacidade.

À minha orientadora e professora Annie Bello, pela ajuda, pelos ensinamentos e pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora e professora Lilia Zago, agradeço por ter aceitado esta função e pela ajuda, com seus ensinamentos, colaboração, paciência e atenção.

À professora Renata Rangel, meus agradecimentos, pela ajuda, pelos ensinamentos da Microbiologia, pelo apoio e pela amizade construída durante esse período.

À professora Marta Citelli, agradeço pela ajuda e colaboração nesses últimos meses e por ter contribuído com seus conhecimentos, sendo a ledora desta dissertação.

Aos membros da banca de qualificação e de defesa que contribuíram com suas importantes considerações. Muito obrigada aos professores Cíntia Curioni, Glorimar Rosa e Julio Beltrame, por toda a ajuda.

À professora e vice-diretora Flávia Fioruci Bezerra muito obrigada por todo o apoio, ajuda e compreensão.

Às técnicas do Laboratório de Bromatologia, Mischelle e Camilla, agradeço pelo apoio, pela ajuda, força em todos os momentos em que estive no laboratório, e pela amizade.

A todos os professores e funcionários do curso de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, do INU/UERJ.

Às amigas do mestrado, em especial, Carlyne e Thaísa, que estiveram presentes em todos os momentos nestes dois anos e pela sincera e verdadeira amizade que construímos.

À amiga Ligia, muito obrigada pela importante ajuda nos momentos finais desta dissertação.

À FAPERJ pela concessão da bolsa de mestrado nesses 2 anos de pesquisa

Aos laboratórios do Instituto de Química da UERJ e da CBO de Campinas/SP, pela colaboração nas análises realizadas.

A todos que, não citei aqui, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração deste trabalho e para mais essa conquista na minha vida profissional, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

GOUVEIA, L.A.V. *Caracterização físico-química e microbiológica de sementes, farinha e óleo de gergelim (Sesamum indicum L.)*. 107 f. Dissertação (Mestrado em Alimentação, Nutrição e Saúde) – Instituto de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é considerado uma das principais oleaginosas cultivadas mundialmente, fonte de lipídios, proteínas, minerais e vitaminas e antioxidantes importantes para a saúde humana. São poucos os estudos que analisaram as características químicas do gergelim. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição química das diferentes marcas comerciais de sementes de gergelim (branco e negro), da farinha de gergelim, óleo de gergelim bruto e “leite” de gergelim negro. Este estudo foi realizado em laboratórios do Instituto de Nutrição e do Instituto de Química da UERJ e em laboratório na cidade de Campinas, em São Paulo. Foram realizadas análises, na farinha e nas sementes, de composição centesimal, fibras, cálcio, magnésio, zinco, cobre, potássio, manganês, vitamina E, betacaroteno e ácidos graxos. No óleo e no “leite”, foram analisados minerais, exceto cálcio e magnésio, e vitaminas E, betacaroteno, ácidos graxos e, no óleo, índices de acidez e peróxido. Avaliações microbiológicas também foram realizadas nas sementes de gergelim branco e negro e na farinha. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com pós teste de *Tukey* para comparação das médias entre os grupos e para comparar dois grupos foi utilizado o teste *t*. O intervalo de confiança foi de 95%. Foi utilizado o *software* GraphPad Prism 5. Foram observadas diferenças significativas entre as diferentes marcas das sementes, assim como diferenças entre a farinha e as sementes de gergelim negro e branco, em relação à grande maioria das análises realizadas. O óleo de gergelim apresentou excelente padrão de identidade e qualidade, além de ótimo perfil de ácidos graxos, dentro das recomendações da legislação, apresentando-se como a melhor fonte de vitamina E dentro os produtos analisados. O gergelim foi considerado rico em cálcio, tendo o gergelim negro como a principal fonte (983,25 mg/100g) com grande diferença significativa em relação ao gergelim branco ( $p < 0,0001$ ), além de ser a principal fonte de fibras insolúveis (27,71%), o que faz com que o gergelim negro possa ter alegações de propriedades funcionais. A farinha de gergelim foi considerada a principal fonte de cobre (2,18 mg/100g) e magnésio (388,00 mg/100g), apresentando diferença significativa com a semente negra ( $p < 0,05$ ). O óleo de gergelim foi a principal fonte de potássio (16%) e vitamina E (28,34 mg/100g). Além disso, foi considerado fonte de ácido graxo monoinsaturado oleico e poli-insaturado linoleico, com 47,62 % e 35,32 %, respectivamente, com diferenças significativas em relação aos outros produtos ( $p < 0,0001$ ) e baixa quantidade de ômega 3. Em relação às avaliações microbiológicas na farinha e sementes, todos os resultados mostraram que os produtos encontram-se dentro dos critérios microbiológicos estabelecidos pela legislação e, portanto, próprios para o consumo humano. Nosso estudo caracterizou a composição nutricional de diferentes produtos de gergelim que apresentaram características físicas, químicas e microbiológicas importantes e adequadas à saúde humana, com boas quantidades de cálcio, magnésio, cobre, fibras alimentares e ácidos graxos insaturados, podendo contribuir para a aplicabilidade clínica.

Palavras- chaves: *Sesamum*. Semente de Gergelim. Óleo de gergelim. Farinha de Gergelim. Nutrientes.

## ABSTRACT

GOUVEIA, L.A.V. *Physicochemical and microbiological characterization of sesame (Sesamum indicum L) seeds, flour and oil*. 107 f. Dissertação (Mestrado em Alimentação, Nutrição e Saúde) – Instituto de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered one of the major worldwide-cultivated oil seeds, a source of lipids, proteins, minerals, vitamins and important antioxidants for human health. There are few studies that analyzed the chemical characteristics of the sesame. The objective of this study was to characterize the chemical composition of different commercial brands of sesame seeds (white and black), the sesame flour, the crude sesame oil and black sesame "milk". This study was conducted in the laboratories of the Nutrition Institute and the Chemical Institute of UERJ and in Campinas, Sao Paulo. Analyzes were conducted in the flour and seeds of centesimal composition, fiber, calcium, magnesium, zinc, copper, potassium, manganese, vitamin E, beta carotene and fatty acids. In the oil and "milk", minerals were analyzed, except calcium and magnesium, vitamin E, beta carotene, fatty acids and in the oil, acid and peroxide levels. Microbiological evaluations have also been made in the white and black sesame seeds and flour. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) with Tukey post test to compare means between groups and the t test was used to compare the two groups. The confidence interval was 95%. The GraphPad Prism 5 software was used. Significant differences between different brands of the seeds were observed, as well as differences between the flour and the black and white sesame seeds, for the majority of the analyzes. Sesame oil showed excellent standard of identity and quality, as well as a great fatty acid profile, according to the legislation recommendations, presenting itself as the best source of vitamin E in the analyzed products. The sesame was considered rich in calcium, having the black sesame as the main source (983.25 mg / 100g) with high significant difference compared to white sesame ( $p < 0.0001$ ), besides being the main source of insoluble fiber (27.71%), which enables the black sesame to have functional properties. Sesame flour has been considered the main source of copper (2,18 mg / 100g) and magnesium (388,00 mg / 100 g), showing significant difference with the black seed ( $0 < 0,05$ ). Sesame oil has been considered the main source of potassium (16%) and vitamin E (28.34 mg / 100g). In addition, it was considered a source of monounsaturated oleic fatty acid and polyunsaturated linoleic fatty acid, with 47.62% and 35.32%, respectively, with significant differences compared to the other products ( $p < 0.0001$ ) and low amount of omega 3. For the microbiological assessments in flour and seeds, all results showed that the products are within the microbiological criteria established by law and therefore, good for human consumption. Our study characterized the nutritional composition of different sesame products, which presented important and appropriate physical, chemical and microbiological characteristics to human health, with good amounts of calcium, magnesium, copper, dietary fiber and unsaturated fatty acids, contributing to the clinical applicability.

Key words: Sesamum. Sesame Seeds. Sesame Oil. Sesame Flour. Nutrients

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação da composição centesimal de diferentes marcas de semente de gergelim branco .....	47
Tabela 2	Comparação da composição centesimal de diferentes marcas de semente de gergelim negro .....	48
Tabela 3	Comparação da composição centesimal entre a farinha de gergelim e as médias das marcas comerciais das sementes de gergelim branco e gergelim negro .....	48
Tabela 4	Comparação dos teores de cálcio e magnésio das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim branco .....	50
Tabela 5	Comparação dos teores de cálcio e magnésio das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim negro .....	50
Tabela 6	Comparação do teor de cálcio e magnésio entre a farinha de gergelim e as médias das marcas comerciais das sementes de gergelim negro e gergelim branco .....	51
Tabela 7	Comparação dos minerais zinco, cobre, potássio e manganês entre a farinha, semente de gergelim negro e semente de gergelim branco .....	52
Tabela 8	Comparação da quantidade de Vitamina E entre a farinha de gergelim, as sementes de gergelim negro e branco e o óleo e gergelim .....	53
Tabela 9	Teor de fibra alimentar total e suas frações na farinha de gergelim, nas sementes de gergelim branco e negro.....	53
Tabela 10	Comparação do teor de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados entre a farinha de gergelim, as sementes de gergelim branco e negro e o óleo de gergelim .....	54
Tabela 11	Perfil de ácidos graxos do Óleo de Gergelim Bruto .....	55
Tabela 12	Perfil de ácidos graxos na farinha e nas sementes de gergelim branco e negro .....	55
Tabela 13	Padrões de identidade e qualidade do Óleo de Gergelim Bruto.....	56
Tabela 14	Perfil nutricional do “leite” de gergelim negro .....	57
Tabela 15	Análises microbiológicas da Farinha de Gergelim, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração .....	58

Tabela 16	Análises microbiológicas da Semente de Gergelim Branco, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração .....	58
Tabela 17	Análises microbiológicas da Semente de Gergelim Negro, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	<i>American Dietetic Association</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Ca	Cálcio
CC	Circunferência de Cintura
CQ	Circunferência de Quadril
CT	Colesterol Total
Cu	Cobre
DHA	Ácido Graxo docosaenoico
DRI	<i>Dietary Reference Intake</i>
DTAs	Doenças Transmitidas por Alimentos
EPA	Ácido graxo eicosapentaenoico
FA	Fibra Alimentar
FAI	Fibra Alimentar Insolúvel
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FAS	Fibra Alimentar Solúvel
HDL-c	HDL-colesterol ( <i>High Density Lipoprotein</i> )
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IOM	<i>Institute of Medicine</i>
INU	Instituto de Nutrição
K	Potássio
LDL-c	LDL-colesterol ( <i>Low Density Lipoprotein</i> )
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MYP	<i>Cereus selective agar base Mossel (Mannitol egg yolk polymyxine)</i>
N	Normal
NMP	Número Mais Provável
SC	Selenito Cistina
SOD	Superóxido Dismutase
SS	Salmonella Shigella Agar
TACO	Tabela de Composição de Alimentos
TG	Triglicerídeos
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
XLD	Xilose-lisina-desoxicolato
Zn	Zinco
NE	Não especificado

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
1.1	<b>Gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.)</b> .....	16
1.2	<b>Cultura do Gergelim no Brasil</b> .....	17
1.3	<b>Gergelim: um alimento funcional?</b> .....	18
1.4	<b>Composição química do gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.)</b> .....	19
1.4.1	<u>Macronutrientes: Proteínas, lipídios e carboidratos</u> .....	20
1.4.2	<u>Micronutrientes: vitaminas e minerais</u> .....	22
1.4.2.1	Vitamina E e betacaroteno .....	22
1.4.2.2	Minerais: cálcio, magnésio, zinco, cobre, potássio e manganês .....	24
1.4.3	<u>Fibra alimentar</u> .....	26
1.5	<b>Importância da microbiologia de alimentos e das análises microbiológicas do gergelim e seus produtos</b> .....	27
1.6	<b>Ensaio clínico com gergelim</b> .....	28
1.6.1	<u>Efeitos do gergelim no estresse oxidativo</u> .....	28
1.6.2	<u>Efeitos do gergelim na pressão arterial</u> .....	29
1.6.3	<u>Efeitos do gergelim no perfil lipídico</u> .....	30
1.6.4	<u>Outros efeitos do gergelim na saúde</u> .....	31
2	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	33
3	<b>OBJETIVOS</b> .....	34
3.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	34
3.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	34
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
4.1	<b>Composição química do Gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.)</b> .....	35
4.1.1	<u>Matéria prima: aquisição e preparo das amostras</u> .....	35
4.2	<b>Análises químicas</b> .....	36
4.2.1	<u>Composição centesimal</u> .....	37
4.2.1.1	Determinação de umidade .....	37
4.2.1.2	Determinação de cinzas .....	37
4.2.1.3	Determinação de proteínas .....	38
4.2.1.4	Determinação de lipídios .....	39

4.2.1.5	Determinação de carboidratos .....	40
4.3	<b>Determinação de minerais e vitaminas</b> .....	40
4.3.1	<u>Determinação de cálcio e magnésio</u> .....	40
4.3.2	<u>Determinação de zinco, cobre, manganês e potássio</u> .....	41
4.3.3	<u>Determinação de vitamina E (tocoferol)</u> .....	41
4.3.4	<u>Determinação de carotenoide (betacaroteno)</u> .....	41
4.4	<b>Determinação de fibra alimentar</b> .....	41
4.5	<b>Determinação de perfil de ácidos graxos</b> .....	42
4.6	<b>Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto</b> .....	42
4.6.1	<u>Determinação do índice de acidez</u> .....	42
4.6.2	<u>Determinação do índice de peróxido</u> .....	43
4.7	<b>Análises microbiológicas</b> .....	43
4.7.1	<u>Preparo/diluição das amostras</u> .....	44
4.7.2	<u>Determinação de coliformes totais e coliformes termotolerantes</u> .....	44
4.7.3	<u>Contagem de <i>Bacillus cereus</i> e bolores e leveduras</u> .....	45
4.7.4	<u>Detecção de <i>Salmonella</i> spp</u> .....	45
5	<b>ANÁLISES ESTATÍSTICAS</b> .....	46
6	<b>RESULTADOS</b> .....	47
6.1	<b>Composição Centesimal</b> .....	47
6.2	<b>Cálcio e Magnésio</b> .....	49
6.3	<b>Zinco, cobre, manganês e potássio</b> .....	51
6.4	<b>Vitamina E e betacaroteno</b> .....	52
6.5	<b>Fibras alimentares totais e suas frações (solúvel e insolúvel)</b> .....	53
6.6	<b>Perfil de ácidos graxos</b> .....	53
6.7	<b>Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto</b> .....	56
6.8	<b>Considerações sobre o “Leite” de gergelim negro</b> .....	57
6.9	<b>Avaliações microbiológicas</b> .....	57
7	<b>DISCUSSÃO</b> .....	60
7.1	<b>Composição centesimal e fibras alimentares</b> .....	60
7.2	<b>Micronutrientes: minerais e vitaminas</b> .....	66
7.3	<b>Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto</b> .....	70
7.4	<b>Avaliações Microbiológicas</b> .....	71
8	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	73

<b>CONCLUSÃO</b> .....	75
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	77
<b>APÊNDICE A</b> – Reagentes utilizados nas análises e/ou nos preparos das soluções no Laboratório de Bromatologia .....	88
<b>APÊNDICE B</b> – Reagentes utilizados no preparo dos meios de cultura no Laboratório de Microbiologia .....	89
<b>APÊNDICE C</b> – Manuscrito submetido à revista <i>Journal of Medicinal Food</i> ....	90

## INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) tem seu cultivo praticado em países tropicais e subtropicais por pequenos agricultores (RICCI et al., 1999). A semente se apresenta em cores distintas (branco, creme e negro), são pequenas, achatadas e ovaladas (BELTRÃO; VIEIRA, 2001). É considerada uma das principais oleaginosas cultivadas mundialmente (ABOU-GHARBIA; SHAHIDI, 1997; QUEIROGA et al., 2008), devido ao seu alto teor de lipídios, como os ácidos graxos mono e poli-insaturados, e de antioxidantes importantes para a saúde humana (ABOU-GHARBIA; SHAHIDI, 1997; ZOUMPOULAKIS et al., 2011). Muito se fala do gergelim como alimento funcional, devido à combinação de seu perfil de ácidos graxos benéficos e sua rica composição nutricional, que o faz ser considerado um excelente alimento com propriedades funcionais (ZOUMPOULAKIS et al., 2011) podendo ser uma opção importante para produção de alimentos de alta qualidade nutricional, (ABREU et al., 2011), além de ser fonte de produção de óleo de excelente qualidade para a alimentação humana (BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

Porém, para que o gergelim possa vir a ser considerado como alimento com alegações de propriedades funcionais, faz-se necessário, estudar a composição química, a fim de se conhecer as quantidades de nutrientes preconizados pela Anvisa, para que este tenha alegações de propriedades funcionais (BRASIL, 1999a).

Sabe-se que o gergelim possui um excelente valor nutricional, devido às quantidades significativas de vitaminas e minerais, alto percentual de lipídios, principalmente de ácidos graxos insaturados (ANTONIASSI et al., 1997; ZOUMPOULAKIS et al., 2011). Porém, são poucos os ensaios clínicos de intervenção que utilizaram gergelim e seus produtos em humanos, assim como existem poucos estudos que analisaram as características químicas das diferentes variedades e formas de apresentação, como sementes, farinha e óleo de gergelim, comparando-as, a fim de se verificar a de melhor valor nutricional e de melhor aplicabilidade na saúde.

Por esses motivos, este trabalho teve como objetivo caracterizar a composição química de diferentes sementes de gergelim, branco e negro, integrais, com casca e cruas, da farinha de gergelim branco desengordurada, do óleo de gergelim bruto e do “leite” de gergelim negro, além de avaliar características microbiológicas dos diferentes produtos estudados, verificando a qualidade e segurança destes produtos para o consumo.

A fim de se conhecer o perfil nutricional de cada um destes produtos, comparando as características químicas de diferentes marcas e tipos de sementes e produtos do gergelim, foram realizadas análises de composição centesimal (proteínas, lipídios, carboidratos, umidade e cinzas); de minerais e vitaminas, tais como: cálcio, magnésio, zinco, cobre, manganês, potássio, vitamina E e betacaroteno; do teor de fibra alimentar total e suas frações (solúvel e insolúvel); do perfil de ácidos graxos e verificou-se o padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto e da farinha de gergelim.

# 1 REVISÃO DA LITERATURA

## 1.1 Gergelim (*Sesamum indicum* L.)

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertence à família *Pedaliaceae*, é uma planta cultivada em países tropicais e subtropicais, basicamente por pequenos agricultores (RICCI et al., 1999), tendo sua origem nos continentes africano e asiático. Sua cultura é uma das mais antigas, sendo considerada uma das principais oleaginosas cultivadas mundialmente (QUEIROGA et al., 2008), encontrando-se em nono lugar em relação a este cultivo (FIRMINO et al., 2001). Possui muitas variedades que diferem em tamanho, forma, hábitos de crescimento, cor das flores, composição e cor das sementes. A semente se apresenta em cores distintas (branco, creme e negro), são pequenas, (2 a 4 mm de comprimento e até 2 mm de largura), achatadas e ovaladas (BELTRÃO; VIEIRA, 2001). Existem diferenças entre os cultivares, quanto ao número de sementes por fruto e quanto ao tamanho das sementes, sendo que seu principal constituinte é o óleo que, dependendo do tipo de cultivar da semente, assim como da localidade do plantio e cultivo, pode ultrapassar 60% do peso da semente (BELTRÃO; VIEIRA, 2001). Acredita-se que a sua origem foi na Índia, onde havia uma grande diversidade de gergelim com diferentes características e cultivares diversificados (PATHAK et al., 2014).

O gergelim é considerado um alimento de alto valor nutricional, rico em proteínas e sais minerais (QUEIROGA et al., 2008), com facilidade no cultivo e variedades de formas de preparo, além de apresentar sabor e aroma agradáveis (FIGUEIREDO; MODESTO-FILHO, 2008). A semente de gergelim é conhecida como uma das mais importantes oleaginosas do mundo, devido ao seu alto teor de lipídios e de antioxidantes importantes para a saúde humana (ABOU-GHARBIA; SHAHIDI, 1997) e constitui uma fonte rica de lipídios, nutricionalmente importantes, como os ácidos graxos mono e poli-insaturados (ZOUMPOULAKIS et al., 2011). Os grãos são o principal produto do gergelim, de onde se produz o óleo e a farinha. O gergelim preto é muito utilizado no preparo do gersal (gergelim com sal), tempero bastante consumido na cozinha macrobiótica (QUEIROGA et al., 2008).

O gergelim apresenta uma ampla utilização na culinária do Oriente Médio em produtos de padaria, temperos para saladas e comida vegetariana, sendo utilizado na forma de sementes integrais ou trituradas, além de óleo ou farinha (ZOUMPOULAKIS et al., 2011).

No Japão, produtos à base de gergelim fazem parte da alimentação desta população, principalmente o consumo diário de óleo de gergelim tostado, muito utilizado na culinária oriental como tempero (QUEIROGA; SILVA, 2008). Na Grécia, as sementes são utilizadas na tradicional culinária vegetariana, preparando-se, uma espécie de creme de gergelim conhecido como *Tahine*, que é recomendado como componente de uma dieta saudável (ZOUMPOULAKIS et al., 2011). O *tahine* deve ser preparado com gergelim de cor branca e é reconhecido por ser rico em proteínas (QUEIROGA; SILVA, 2008).

No Brasil, a semente é amplamente utilizada na culinária caseira de diversas formas: tempero, no preparo de biscoitos, pães, doces e também consumido “*in natura*” (QUEIROGA, 2007) ou como ingredientes em saladas (FIRMINO et al., 2001). De acordo com o novo Guia Alimentar Para População Brasileira (BRASIL, 2014), há grande importância no consumo de alimentos *in natura*, que “são aqueles obtidos diretamente de plantas ou de animais (como folhas e frutos ou ovos e leite) e adquiridos para consumo sem que tenham sofrido qualquer alteração após deixarem a natureza”. Nesse contexto, incluem-se as oleaginosas, como castanhas, nozes e as sementes ricas em óleo, como a semente de gergelim, que, segundo Abou-Gharbia e Shahidi (1997), é considerada uma das oleaginosas mais importantes do mundo, se tornando uma alternativa importante na alimentação, tanto no consumo “*in natura*” quanto em produtos industrializados, uma vez que o cultivo e consumo de gergelim tem crescido mundialmente (BARROS; SANTOS, 2002; BELTRÃO; VIEIRA, 2001).

## 1.2 Cultura do Gergelim no Brasil

O gergelim foi introduzido no Brasil pelos portugueses no século XVI e, mesmo sendo uma cultura de grande valor econômico, seu cultivo é ainda bastante restrito a pequenas áreas (BELTRÃO et al., 2001; ARRIEL et al., 2007).

O gergelim é uma cultura perfeitamente adaptada aos solos brasileiros e teve sua exploração comercial iniciada no Nordeste brasileiro em 1986 (BELTRÃO e VIEIRA, 2001), apresentando uma crescente exploração no mercado nacional de seus grãos e óleo, podendo ser utilizados em produtos alimentícios e fitoterápicos (QUEIROGA et al., 2008). Como apresenta uma cultura resistente ao clima seco, cultivar o gergelim na região semiárida nordestina é considerado ideal (ALVES, 2013).

De acordo com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 2010), a produção no Brasil oscila entre 3.000 e 5.000 toneladas anuais, concentrada nos Estados de Mato Grosso e Goiás, no Triângulo Mineiro e na região Nordeste, sendo consumida, principalmente, pela indústria alimentícia do Estado de São Paulo. Dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) (FAO, 2012) mostram que a área plantada de gergelim, no Brasil, de 2009 a 2011, foi de 7.000 a 9.000 hectares (ha), com produção de 5.000 a 6.000 toneladas e produtividade de 640 kg/ha. No cenário internacional, o gergelim é a nona oleaginosa mais plantada e ocupa uma área cultivada em torno de 6 milhões de hectares com rendimento médio de 400 kg.ha<sup>-1</sup> de sementes (FIRMINO, 2001; FIRMINO et al., 2003).

O estado de Mato Grosso é considerado o produtor mais tradicional do gergelim, devido à enorme capacidade de adaptação do grão nas diversas condições relacionadas ao clima, relevo, tipo de solo, umidade, o que torna excelente para o cultivo de gergelim (ABREU et al., 2011). Com isso, a cultura do gergelim está crescendo cada vez mais devido às descobertas mais recentes para o aproveitamento de seus grãos e produtos (ALVES, 2013).

O consumo de gergelim no Brasil tem aumentado nos últimos anos devido, em grande parte, à importação das sementes, uma vez que mais de 60% da semente consumida pela população brasileira é importada, principalmente as de cor branca (QUEIROGA; SILVA, 2008). De acordo com Mazzani e Layrisse (1998), a produção de gergelim direcionada à elaboração de óleo comestível ultrapassa os 70%.

### 1.3 Gergelim: um alimento funcional?

A ciência da nutrição desenvolve-se dia-a-dia como imprescindível para a saúde da população. Neste contexto, os alimentos funcionais surgem no mercado comercial como adjuvantes da intervenção nutricional.

A *American Dietetic Association* (ADA) define como alimento funcional “os alimentos integrais e/ou fortificados (enriquecidos) que apresentam potenciais efeitos benéficos para a saúde, quando consumidos como parte de uma dieta variada” (ADA, 2009).

Segundo a Secretaria de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, “o alimento funcional é todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido na dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou

benefícios à saúde, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999).

A Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) define como alegação de propriedade funcional “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano” (BRASIL, 1999).

De acordo com a Anvisa, para que um alimento tenha alegações de propriedades funcionais, ele deve apresentar determinadas quantidades de certos ingredientes ou componentes dentro de uma porção específica no alimento, tais como: ômega-3, carotenoides, fibras alimentares, fitoesteróis e probióticos (BRASIL, 2008).

A semente de gergelim possui quantidades consideráveis de fibra alimentar (CHEN et al., 2005), porém, não há especificações na literatura do tipo de fibra encontrada no alimento. Existem poucos estudos sobre a composição química de gergelim, principalmente em relação ao perfil de ácidos graxos das sementes e farinha. No entanto, é conhecido que a combinação do perfil de ácidos graxos benéficos e a rica composição nutricional do gergelim, faz com que possa ser considerado um excelente alimento com propriedades funcionais (ZOUMPOULAKIS et al., 2011) e, dessa forma, vem sendo uma opção importante para produção de alimentos de qualidade nutricional, por ser uma das oleaginosas com maior quantidade de óleo em seus grãos (ABREU et al., 2011), podendo ser fonte de produção de óleo de excelente qualidade para a alimentação humana (BELTRÃO et al., 2004).

Porém, para que o gergelim possa vir a ser considerado como alimento com alegações de propriedades funcionais, faz-se necessário, estudar a composição química e conhecer as quantidades de determinados nutrientes citados pela Anvisa (BRASIL, 1999).

#### **1.4 Composição química do gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

Existem poucos estudos que caracterizam de forma detalhada as propriedades nutricionais dos diferentes tipos de semente de gergelim e de seus produtos (farinha e óleo). Porém, sabe-se que o gergelim possui um excelente valor nutricional, devido às quantidades significativas de vitaminas e minerais, alto percentual de lipídios, principalmente de ácidos graxos insaturados (ANTONIASSI et al., 1997).

#### 1.4.1 Macronutrientes: Proteínas, lipídios e carboidratos

As proteínas são formadas por combinações de vinte aminoácidos e apresentam funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte nos fluidos biológicos. A qualidade nutricional de uma proteína irá refletir na capacidade que esta possui de fornecer aminoácidos essenciais em quantidades necessárias ao crescimento e à manutenção, considerando a composição de aminoácidos essenciais e a capacidade de utilização destes pelo organismo (TIRAPEGUI et al., 2012). Sabe-se que o gergelim apresenta composição adequada de aminoácidos essenciais, com exceção de lisina e metionina, consideradas limitantes neste alimento (TIRAPEGUI et al., 2012).

O gergelim constitui uma fonte rica de lipídios, nutricionalmente importantes, como por exemplo, fitoesteróis e ácidos graxos mono e poli-insaturados (ZOUMPOULAKIS et al., 2011). Os fitosteróis são compostos naturais, provenientes de alimentos vegetais que apresentam estrutura muito similar ao colesterol e desempenham funções semelhantes a este (LAW, 2000). O mecanismo de ação dos fitosteróis é a competição deste com o colesterol na luz intestinal, fazendo com que haja o deslocamento do colesterol da fase micelar, e, conseqüentemente, a redução na absorção do colesterol. Fora da fase micelar, o colesterol não é mais solúvel e, portanto, é excretado juntamente com os fitosteróis não absorvidos (TRAUTWEIN et al., 2003). A redução principal observada é no LDL-colesterol (LDL-c) (GAGLIARDI et al., 2010).

Em relação aos ácidos graxos, é conhecido que o gergelim é importante fonte de ácido graxo monoinsaturado oleico, considerado óleo de excelente qualidade, que também é encontrado no óleo de oliva. Devido ao alto teor deste ácido graxo e à presença de antioxidantes naturais, o gergelim é considerado um óleo mais resistente à oxidação e de baixa rancificação (QUEIROGA et al., 2007; QUEIROGA et al., 2008). No entanto, não foram encontrados na literatura, estudos que caracterizem o perfil completo de ácidos graxos de todos os produtos de gergelim, como a farinha e as sementes de gergelim branco e negro.

Sabe-se que há uma grande influência em relação à ingestão do tipo e quantidade dos ácidos graxos sobre a saúde, principalmente, em relação às doenças cardiovasculares (LANDS, 2008).

Os ácidos graxos saturados são divididos em dois grupos: de cadeia média (até 12 átomos de carbono) e de cadeia longa (com mais de 14 átomos de carbono) (SANT'ANA, 2012). O consumo de gordura saturada está relacionado ao aumento dos níveis plasmáticos de

colesterol (DAUMERIE et al., 1992). Os ácidos graxos saturados de cadeia longa são: mirístico (14:0), palmítico (16:0) e esteárico (18:0). É conhecido que esses tipos de gordura saturada elevam a concentração plasmática do colesterol, principalmente o mirístico, uma vez que o esteárico possui efeito neutro em relação ao colesterol. Os ácidos graxos saturados que aumentam o colesterol levam a mecanismos como redução dos receptores hepáticos de LDL-c (DAUMERIE et al., 1992); aumento da atividade da enzima acilcolesteril-aciltransferase o que gera aumento da esterificação do colesterol e aumento da quantidade de colesterol transportado pelas LDL-c (LEE; CARR, 2004).

Os ácidos graxos insaturados são monocarboxílicos, constituídos de uma ou mais duplas ligações, sendo assim classificados de ácidos graxos monoinsaturados ou poli-insaturados. Os ácidos graxos insaturados apresentam uma importante característica em relação a possibilidade de isomeria geométrica (possibilidade da dupla-ligação ser *cis* ou *trans*) e de posição (a dupla ligação pode ser estar em diferentes posições na cadeia carbônica). Nos alimentos, são encontrados principalmente a configuração *cis* da dupla ligação (SANT'ANA, 2012). Os ácidos graxos monoinsaturados possuem uma única dupla-ligação na cadeia carbônica, sendo os principais presentes em alimentos: o ácido *cis* 9-hexadecenoico (ácido palmitoleico – C 16:1), o ácido *cis* 9-octadecenoico (ácido oleico – C 18:1) e o ácido *cis* 9-eicosenoico (C 20:1) (SANT'ANA, 2012), sendo o mais comum encontrado na natureza o ácido oleico, conhecido também como ômega-9, com maior concentração no azeite de oliva, e o principal ácido graxo, provavelmente, encontrado no óleo de gergelim (QUEIROGA et al., 2007; QUEIROGA et al., 2008). Em relação aos ácidos graxos poli-insaturados são constituídos de duas ou mais duplas ligações, sendo os principais encontrados nos alimentos (SANT'ANA, 2012).

Existem 3 tipos de ácidos graxos essenciais Ômega-3, tais como os de origem marinha, conhecidos como o ácido docosaenoico (DHA) e ácido eicosapentaenoico (EPA), e o de origem vegetal, o alfa-linolênico (ALA) e exercem diversos efeitos fisiológicos e metabólicos que podem diminuir as chances de desenvolver doenças cardiovasculares (DCV), diminuindo agregação plaquetária e a pressão arterial, melhorando a função endotelial e o quadro de hipertrigliceridemia (SANTOS et al., 2013).

O ácido graxo essencial Ômega-6, conhecido como ácido graxo linoleico, é muito importante para diversas funções fisiológicas no organismo humano, sendo encontrado, principalmente nos óleos vegetais como os de soja, canola, milho e cártamo (SANTOS et al., 2013).

Em relação ao teor de ácidos graxos no gergelim, após a extração do óleo, o farelo ou farinha, possui cerca de 40% de proteínas e alta porcentagem de ácido graxo oleico (QUEIROGA et al., 2008). Quando comparada com a farinha de aveia, a farinha de gergelim possui maior teor de proteínas e lipídios, de acordo com estudo realizado por Finco et al. (2011), onde foram observados teores de 21,27% de proteínas e 39,74% de lipídios na farinha de gergelim e 15,07% de proteínas e 7,04% de lipídios na farinha de aveia.

Comparando-se diferentes tipos de óleo, estudo caracterizou o perfil de ácidos graxos dos óleos de gergelim e linhaça e avaliou o valor nutricional destes óleos e seus efeitos sobre o perfil lipídico e da glicose em ratos. Os autores observaram que os óleos estudados são ricos em ácidos graxos insaturados, sendo, os principais constituintes do óleo de gergelim os ácidos graxos insaturados oleico (28,6%) e linoleico (28,4%) e o ácido graxo saturado láurico (14,6%) e os da linhaça, foram, os ácidos graxos insaturados alfa-linolênico (39,90%), oleico (17,97%) e linoleico (12,25 %). O óleo de linhaça apresentou maior efeito hipocolesterolêmico, enquanto que no óleo de gergelim verificou-se estabilidade oxidativa, uma vez que este contém altos níveis de ácidos graxos monoinsaturados (GUIMARÃES et al., 2013).

#### 1.4.2 Micronutrientes: vitaminas e minerais

##### 1.4.2.1 Vitamina E e betacaroteno

O termo vitamina E corresponde a uma família de oito compostos homólogos que são sintetizados de forma natural pelas plantas: os tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ ), que possuem uma cadeia lateral saturada e os tocotrienóis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ ), com uma cadeia lateral insaturada, com três duplas ligações (BORTOLI; COZZOLINO, 2012). A vitamina E está presente, naturalmente em alimentos de origem vegetal, principalmente nos vegetais verde-escuros, nas sementes e nas oleaginosas, nos óleos vegetais e no gérmen de trigo (BATISTA et al., 2007).

Segundo Ramalho e Jorge (2006), o tocoferol, é considerado um dos melhores antioxidantes naturais e é amplamente utilizado como meio de inibição da oxidação dos óleos comestíveis, evitando o processo de oxidação dos ácidos graxos insaturados. O gergelim possui substâncias antioxidantes naturais, tais como o tocoferol, compostos fenólicos e as

lignananas, sesamina, sesamol e sesamolina, o que pode explicar essa grande resistência do óleo à oxidação lipídica. Tem sido demonstrado que sementes de gergelim podem melhorar o estresse oxidativo diante das ações promovidas pelas suas quantidades de vitamina E (tocoferol) e lignanas (COONEY et al., 2001; KANG et al., 1998; NAKAI et al., 2003; YAMASHITA et al., 1995) e que as lignanas são responsáveis por reforçar a atividade antioxidante da vitamina E, no processo de peroxidação lipídica (GHAFOORUNISSA et al., 2004)

A vitamina E é lipossolúvel e, desta forma, necessita de lipídios para que possa ser absorvida e é considerada o principal antioxidante da membrana celular (BRIGELIUS-FLOHÉ et al., 2002), sendo uma das substâncias que fazem parte do sistema de defesa antioxidante não-enzimático (BIANCHI; ANTUNES, 1999), que é responsável por inibir ou reduzir os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (EROs) (KOURY; DONANGELO, 2003). O  $\alpha$ -tocoferol é considerada a forma antioxidante mais ativa e pode se acumular nos tecidos extra-hepáticos, principalmente nos locais onde a produção das EROs é maior, como nas mitocôndrias das células do coração e dos pulmões (BRIGELIUS-FLOHÉ et al., 2002).

A vitamina E, por ser uma vitamina lipossolúvel e estar presente nas membranas, previne o processo de peroxidação lipídica (FERREIRA; ABREU, 2007), que é constituído por uma reação em cadeia de ácidos graxos poli-insaturados das membranas celulares que geram as EROs, alterando a permeabilidade, fluidez e integridades destas. Sabe-se que as EROs constituem um processo fisiológico, porém, em excesso podem causar danos celulares que predispõem a determinadas patologias como hipertensão arterial sistêmica e dislipidemias, entre outros (FRANÇA et al., 2013). É conhecido que o gergelim é fonte de antioxidantes naturais. De acordo com Valtueña et al. (2008), a presença de antioxidantes naturais nos vegetais faz com que haja importantes propriedades funcionais no alimento, como no gergelim, sendo fundamental na redução de doenças crônicas, porém, não existem estudos que analisaram o teor de vitamina E nas sementes e outros produtos derivados do gergelim.

Alimentos de origem vegetal são fontes de carotenoides, como o betacaroteno, que é precursor da vitamina A e representam grupos de pigmentos importantes na natureza, com variação nas cores de amarelo ao vermelho. Esses carotenoides ativos se convertem em vitamina A no interior do organismo por ação enzimática (SOUZA; VILAS BOAS, 2002). Os carotenoides são substâncias lipossolúveis e dependem da presença de lipídios na dieta para que sejam absorvidos de forma adequada, aumentando a biodisponibilidade e apresentam

atividade antioxidante, sugerindo sua importância cada vez maior, nutricionalmente (YUYAMA et al., 2012). Não existem estudos que mostrem que a semente ou óleo de gergelim sejam fontes de carotenoides, como betacaroteno. Sabe-se, que existem óleos considerados fontes de pró-vitamina A, como os óleos de dendê e buriti, encontrados no nordeste brasileiro (SOUZA; VILAS BOAS, 2002).

#### 1.4.2.2 Minerais: cálcio, magnésio, cobre, zinco, potássio e manganês.

De acordo com Namiki (1995; 2007), a semente de gergelim pode ser considerada uma excelente fonte de cálcio de origem vegetal.

O cálcio é o mineral mais abundante do corpo humano, onde cerca de 99% deste mineral encontra-se nos dentes e ossos e é considerado um íon essencial ao organismo, possuindo funções estruturais e funcionais, envolvendo, principalmente, a formação e manutenção dos ossos (KHANAL; NEMERE, 2008; SILVA et al., 2012). O cálcio também é fundamental na regulação da contração muscular, uma vez que a proteína que regula a contração da actina e miosina é dependente deste mineral (SILVA et al., 2012).

A biodisponibilidade de cálcio em alimentos de origem vegetais foi avaliada em um estudo que, além disso, também verificou a presença de fatores inibidores da absorção de cálcio. A biodisponibilidade de cálcio foi analisada *in vitro*, após um método de digestão gástrica, identificando a presença de fibra alimentar, fitato e oxalato. Os autores observaram que alimentos como amaranto e semente de gergelim negro apresentavam alta concentração de oxalato, variando de 680 a 2.620 mg em 100 g do alimento e baixa concentração de cálcio (2 a 7%). Além disso, a semente de gergelim negro apresentava altos níveis de fibra alimentares e fitatos. Os autores concluíram que, a presença de fatores inibidores, principalmente o oxalato, em níveis médios ou altos, poderia limitar a biodisponibilidade de cálcio de alimentos de origem vegetal (KAMCHAN, *et. al.*, 2004).

O cálcio poderá ter sua absorção prejudicada na presença de grandes quantidades de oxalato nos alimentos, como visto no estudo que avaliou a absorção de cálcio a partir de fontes diferentes de alimentos e sua capacidade de absorção, em mulheres adultas saudáveis e os autores observaram que o espinafre teve absorção de apenas 5% quando comparado ao leite, que apresenta 27%, ressaltando a grande quantidade de oxalato presente no alimento de origem vegetal (WEAVER; HEANEY, 1991).

Além do oxalato, alimentos ricos em ácido fítico, podem diminuir a capacidade de absorção do cálcio. Nesse contexto, estão incluídas as sementes, uma vez que o ácido fítico é a forma de armazenamento de fósforo nas sementes (COZZOLINO, 2012).

Existem poucos estudos que avaliaram a quantidade de cálcio na semente de gergelim. Apenas um estudo, realizado por Queiroga et al. (2010), analisou a quantidade de cálcio em três tipos diferentes de sementes de gergelim (branco, creme e negro) e observou que o gergelim negro apresentou maior quantidade quando comparado aos outros tipos de cultivares.

O magnésio (Mg) é o segundo mais abundante cátion intracelular e é cofator em mais de 300 reações enzimáticas, relacionadas ao metabolismo de energia e participa de vários eventos metabólicos, principalmente àqueles ligados ao metabolismo de carboidratos, envolvidos na regulação e secreção de insulina. O magnésio pode ser também um fator importante no tratamento e prevenção de DCV (ELIN, 1994). Sabe-se também que o Mg é um dos minerais que faz parte do sistema de defesa antioxidante não enzimático (BIANCHI; ANTUNES, 1999), sendo importante no combate ao estresse oxidativo. Está amplamente distribuído nos alimentos de origem animal e vegetal, sendo as principais fontes os vegetais folhosos verde-escuros, oleaginosas, cereais e leite (MAFRA; COZZOLINO, 2012). Entretanto, não há estudos que relatam a concentração de magnésio na sementes e farinha de gergelim.

Assim, como o magnésio, o cobre (Cu) e o zinco (Zn) participam do sistema de defesa antioxidante do nosso organismo, impedindo ou controlando a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) por serem constituintes importantes na ação da enzima superóxido dismutase (SOD) (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). Além disso, o cobre apresenta importância considerável no sistema imunológico e na redução do risco de doenças cardiovasculares. As oleaginosas são fontes de cobre (PEDROSA et al., 2012) e de zinco (YUYAMA et al. 2012). Porém, não existem estudos que analisaram a quantidade de cobre e zinco no gergelim, assim como não se sabe o teor de potássio neste alimento. Em relação ao potássio, o maior cátion intracelular do corpo, sua ingestão inadequada pode aumentar o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. As principais fontes de potássio são alimentos não processados como frutas frescas e vegetais, pois o processamento de alimentos faz com que haja perda destes minerais (TIRAPEGUI, 2012).

### 1.4.3 Fibra alimentar

Fibra alimentar é definida no Brasil, segundo à Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2013, da Anvisa (BRASIL, 2003), como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato gastrointestinal humano”. As fibras têm propriedades importantes, tais como: diminuição do tempo de trânsito intestinal e aumento do volume fecal; fermentação pela microbiota intestinal; redução dos níveis sanguíneos de colesterol total, LDL-c e glicose pós-prandial (FILISSETTI et al., 2012).

A fibra dietética ou alimentar é uma mistura complexa de materiais vegetais digeríveis, sendo a maior parte dos seus benefícios fisiológicos atribuídos a duas de suas características: a viscosidade no intestino delgado e a fermentabilidade no intestino grosso (SCHROEDER et al., 2013).

São classificadas de acordo com sua capacidade de solubilização, em fibra alimentar solúvel (FAS) e fibra alimentar insolúvel (FAI). A FAS é composta pelas pectinas, gomas, beta-glicanas, enquanto que a FAI compreende a lignina, celulose, hemicelulose (FILISSETTI et al., 2012).

As FAS formam géis em contato com a água, aumentando a viscosidade dos alimentos. Elas diminuem a absorção de ácidos biliares e possuem atividades hipocolesterolêmicas, além de diminuir níveis de triglicerídeos. As FAIs ficam intactas por todo o trato gastrointestinal e apresentam funções como aumento do volume do bolo fecal e estímulo da motilidade intestinal; a ingestão destes alimentos faz com que haja maior necessidade de mastigação, sendo importante no controle da obesidade, além de apresentar propriedades antioxidantes e hipocolesterolêmicas (RODRIGUEZ et al., 2003).

A recomendação diária de acordo com a FAO, por meio das DRIs, é de 30 a 38 g para homens e 21 a 25 g para mulheres. A Anvisa, recomenda que o consumo diário de fibras seja de 25 gramas (BRASIL, 2003).

De acordo com dados da literatura, a semente de gergelim possui quantidades consideráveis de fibra alimentar, porém, não há especificações do tipo de fibra encontrada no alimento (CHEN et al., 2005). Em estudos que realizaram composição química do gergelim, são poucos os que realizaram análises de fibras em diferentes formas de apresentação do gergelim, como as diferentes cores de semente e farinha de gergelim.

### 1.5 Importância da microbiologia de alimentos e das análises microbiológicas no gergelim e seus derivados

Alimentação e saúde envolvem duas situações fundamentais: o conteúdo nutricional do alimento e a segurança deste em relação ao controle higiênico-sanitário (SILVA Jr., 2005). Os microrganismos presentes nos alimentos são causadores de alterações químicas que levam à deterioração microbiana do alimento e podem representar um grave risco à saúde, pois são considerados microrganismos patogênicos (FRANCO, 2008).

Desta forma, a RDC 12/2001 da Anvisa (BRASIL, 2001) tem como objetivo estabelecer os padrões microbiológicos e sanitários de alimentos, caracterizando a presença ou não de microrganismos presentes nos alimentos, a fim de se prevenir as doenças transmitidas por alimentos (DTAs) “causada pela ingestão de um alimento contaminado por um agente infeccioso específico, ou pela toxina por ele produzida, por meio da transmissão desse agente, ou de seu produto tóxico”.

A legislação preconiza padrões máximos e mínimos para diferentes grupos de produtos alimentícios em relação aos microrganismos patogênicos de importância nos alimentos e a qualidade higiênica e sanitária destes produtos (BRASIL, 2001). Esses microrganismos se desenvolvem nos alimentos devido às condições precárias de higiene nos processos de produção, armazenamento, manuseio, distribuição e são causadores de alterações químicas prejudiciais à saúde, tais como alterações no sabor, odor, textura, cor e aspecto do alimento, o conhecido como deterioração microbiana (FRANCO, 2008).

Dessa forma, é fundamental realizar avaliações microbiológicas dos produtos que serão estudados, a fim de se verificar se estão próprios para o consumo. Para as análises de sementes e farinha de gergelim, a Anvisa determina as seguintes análises: para as farinhas em geral, incluindo-se a farinha de gergelim, os microrganismos patogênicos que devem ser analisados são os Coliformes termotolerantes/g, *Bacillus cereus*/g e *Salmonella* sp/25g. Para produtos sólidos para o consumo, como as sementes comestíveis cruas, incluindo-se neste contexto as sementes de gergelim branca e negra, a legislação preconiza as análises microbiológicas de Coliformes termotolerantes/g e *Salmonella* sp/25g (BRASIL, 2001). A legislação não determina, porém, os fungos bolores e leveduras também são microrganismos de interesses em alimentos (FRANCO, 2008).

## 1.6 Ensaios clínicos com gergelim

Ultimamente, a utilização de gergelim como complementação à alimentação tem sido considerada de grande importância e interesse (FIGUEIREDO; MODESTO-FILHO, 2008), uma vez que há uma maior busca pela qualidade de vida, sendo a alimentação fundamental nesse quesito (ABREU et al., 2001).

São poucos os ensaios clínicos com sementes, farinha ou óleo de gergelim. Alguns estudos com humanos, que buscaram complementar o gergelim de diferentes formas à alimentação diária, mostraram impactos positivos na saúde dos participantes em aspectos como estresse oxidativo, perfil lipídico, pressão arterial, além de efeitos hipoglicemiantes, que serão discutidos nos próximos tópicos.

### 1.6.1 Efeitos do gergelim no estresse oxidativo

Quatro estudos de intervenção com uso de óleo de gergelim em populações diferentes apresentaram melhorias importantes no quadro de estresse oxidativo (SANKAR et al., 2005; SANKAR et al., 2006a; SANKAR et al., 2006b e SANKAR et al., 2011).

Sankar et al (2005) realizaram um estudo de intervenção com 35 g de óleo de gergelim com 530 mulheres com grau de hipertensão de leve a moderado e após 60 dias, observou-se aumento nos níveis plasmáticos de vitamina C em 87,50%, 90,12% de vitamina E e 112,99% de betacaroteno, além aumentar enzimas que participam do sistema de defesa antioxidante como a superóxido dismutase (SOD), dependente de zinco e cobre.

O mesmo grupo (SANKAR et al., 2006a; SANKAR et al., 2006b) investigou o efeito da mesma quantidade de óleo de gergelim em homens e mulheres hipertensos e diabéticos por 45 dias e observaram que as atividades enzimáticas da SOD e os níveis plasmáticos de vitamina C, vitamina E, betacaroteno apresentaram aumentos significativos.

Em relação à farinha de gergelim, com uso de 50 g farinha de gergelim por 24 mulheres saudáveis na pós-menopausa, Wu et al (2006) encontraram resultados significativos relacionados ao estresse oxidativo, com o aumento dos níveis plasmáticos de gama-tocoferol (66,50%) após 5 semanas.

Coulman et al. (2009) investigaram os efeitos de sementes de gergelim em um estudo randomizado e cruzado com 16 mulheres na pós-menopausa, em níveis plasmáticos de gama-tocoferol. O estudo foi conduzido por 4 semanas e as mulheres foram alocadas em 3 grupos: 25g de gergelim ou 25g de linhaça ou então 12,5g de gergelim com 12,5 de linhaça. O grupo com maior efeito foi o que recebeu gergelim isolado ( $\uparrow 52,97\%$  no gama-tocoferol).

Wichistrainoi et al. (2011) suplementaram indivíduos pré-hipertensos durante 4 semanas, com cápsulas de gergelim negro e observaram um aumento significativo nos níveis de vitamina E (29,93%) e Alipoor et al (2012) em estudo com semente pura de gergelim branco, encontrou melhoria significativa na SOD.

### 1.6.2 Efeitos do gergelim sobre a pressão arterial

Dentre estes estudos encontrados na literatura, os que trabalharam com óleo de gergelim, cápsula de sesamina e cápsula de gergelim negro apresentaram resultados significativos na pressão arterial.

Myawaki et al (2009), em estudo duplo cego, controlado por placebo e cruzado, avaliaram 23 homens e 2 mulheres, diagnosticados com hipertensão leve, por um período de 4 semanas. Os indivíduos foram suplementados com 3 cápsulas de óleo de gergelim, 2 vezes ao dia, e cada cápsula era composta por 10 mg de sesamina e apresentaram resultados significativos nas pressões arteriais sistólica e diastólica.

Outro estudo duplo cego, placebo-controlado, realizado com 22 homens e 8 mulheres pré-hipertensos, também apresentou resultado importante com a suplementação de gergelim em cápsula, porém na forma de gergelim em pó. Durante um período de 4 semanas, esses voluntários foram orientados a utilizar, diariamente, 6 cápsulas de gergelim preto. A redução da pressão arterial encontrada foi maior do que no estudo citado anteriormente, sendo uma redução de 8,3 mmHg na pressão arterial sistólica e 4,2 mmHg na pressão arterial diastólica (WICHISTRAINOI, et al, 2011).

Estudos feitos com óleo de gergelim também mostraram alguns resultados significativos. Porém, foram estudos com períodos mais curtos, como 45 dias e outro de fase aguda. Sankar et al. (2006a) realizaram um estudo de intervenção com dois períodos diferentes. Indivíduos hipertensos e diabéticos, com diagnóstico entre 2 e 3 anos, participaram de um estudo onde foram orientados a utilizar 35g de óleo de gergelim para cozinhar ou no

preparo de saladas durante 45 dias. Após esse período, observou-se reduções significativas na pressão arterial, sendo 20,4 mmHg na pressão arterial sistólica e 18,3 mmHg na pressão arterial diastólica. Em seguida, esses mesmos indivíduos substituíram o óleo de gergelim por óleo de palma ou óleo de amendoim na mesma quantidade e para a mesma finalidade de uso, por mais 45 dias e houve aumento das pressões arteriais sistólica e diastólica, em 10,4 mmHg e 10 mmHg, respectivamente. Esses resultados indicam que o óleo de gergelim apresentou melhoria no quadro hipertensivo de pessoas hipertensas e diabéticas.

Sankar et al. (2005) observaram melhoras significativas nas pressões arteriais sistólica e diastólica, em mulheres hipertensas em uso de Nifedipina, após 2 meses utilizando 35 g/dia de óleo de gergelim.

Karatzí et al. (2012a) realizaram um estudo com 30 homens hipertensos a fim de investigar os efeitos agudos do gergelim sobre as respostas hemodinâmicas de fase aguda. Os voluntários consumiram 35 g de óleo de gergelim e foram avaliadas as pressões arteriais central e periférica em jejum e 1, 2 e 3 hora (s) pós-prandial. Após 1 hora do consumo de gergelim, houve redução significativa nas pressões diastólica periférica e central em 6,01% ( $\downarrow$ 4,70 mmHg) e em 6,05% ( $\downarrow$  4,8 mmHg), respectivamente. Karatzí et al. (2012b) avaliaram também a pressão arterial de fase aguda, após 2 horas de consumo de 35 g de óleo de gergelim em homens hipertensos e fizeram comparações com grupos controle de óleo de milho e azeite de oliva. Os indivíduos que consumiram óleo e gergelim apresentaram redução na pressão sistólica e diastólica em 6,8 mmHg e 3,7 mmHg, respectivamente.

Wu et al. (2009a), e Wu et al. (2009b), em um estudo randomizado placebo controlado não acharam resultados significativos, depois de 5 semanas que homens com sobrepeso e mulheres na pós-menopausa, consumiram barra de semente de gergelim, com quantidades significativas de lignanas, fibras e vitamina E. De acordo com esse estudo, a presença de 25mg de lignanas não melhorou o perfil de marcadores cardiovasculares na população estudada.

### 1.6.3 Efeitos do gergelim no perfil lipídico

Chen et al. (2005) avaliaram 15 homens e 6 mulheres hiperlipidêmicos, durante 4 semanas com 40 g de farinha de gergelim/dia e houve redução significativa dos níveis de colesterol total em 6,4% e LDL-c em 9,5% no período de 4 semanas de intervenção do estudo.

Wu et al (2006) encontraram resultados também significativos nos mesmos parâmetros encontrados por Chen et al (2005), utilizando a farinha de gergelim em seu estudo. Porém, a população estudada foi diferente. Wu et al (2006) realizaram ensaio clínico randomizado, cruzado, placebo-controlado, com 24 mulheres saudáveis na pós menopausa. Na fase inicial, 12 mulheres consumiram 50 g de farinha de gergelim por 5 semanas e a outra metade farinha de arroz. Ao final do estudo, houve redução de 5,96% de colesterol total e 10,23% na LDL-c, além da redução na relação LDL-c/HDL-c em 6,20%.

Sankar et al. (2005) e Sankar et al. (2006a) encontraram melhorias significativas no colesterol total (CT) e LDL-c, sendo que os primeiros ainda acharam resultados significativos em HDL-c e triglicerídeos (TG).

Mirimiram et al (2013) mostraram resultados significativos, após 6 semanas utilizando 28 g de semente de gergelim pura em diabéticos tipo 2 em triglicerídeos. O único estudo com sementes de gergelim, em uma população hiperlipidêmica, encontrou melhoria no colesterol total (CT), na LDL-c e na relação CT/HDL-c (ALIPOOR et al., 2012).

#### 1.6.4 Outros efeitos do gergelim na saúde

O gergelim parece ter ação em outros fatores de risco como por exemplo controle glicêmico e no peso.

Figueiredo e Modesto-Filho (2008) realizaram estudo com farinha desengordurada de gergelim com mulheres diabéticas tipo 2, com idade entre 30 e 65 anos. Após 30 dias com consumo de 30g de farinha de gergelim por dia associada a dieta com seleção de monossacarídeos, houve redução significativa na massa corporal em 3,03% (menos 2kg) e sugeriram que a ingestão de farinha de gergelim desengordurada pode contribuir na redução do risco de diabetes e obesidade, assim como melhoria no perfil glicêmico e na massa corporal de mulheres diabéticas tipo 2.

Sankar et al. (2006a) também chegaram a resultados significativos no peso em indivíduos hipertensos e diabéticos tipo 2, com idade entre 45 e 65 anos. Após 45 dias consumindo diariamente 35g de óleo de gergelim para cozinhar ou em preparações de saladas, houve redução de 6,10% no peso (menos 4,7 Kg), o que fez com que o diagnóstico nutricional passasse de obesidade grau 1 para sobrepeso, nesse período de estudo de intervenção. Outros dados antropométricos importantes que merecem destaque com o consumo de óleo de

gergelim, foram em relação a circunferência da cintura (CC) e do quadril (CQ). A CC teve redução significativa de 8,66% (menos 8,6 cm) e a CQ redução também considerada significativa no estudo de 6,33% (menos 6,1 cm). A relação cintura/quadril (RCQ) apresentou redução de 2%. Os mesmos pacientes, após esses 45 dias, substituíram o óleo de gergelim por outros óleos (palma ou amendoim) e o consumiram por mais 45 dias. Os resultados encontrados foram aumento de massa corporal, CC e CQ após esse período, o que demonstra que o óleo de gergelim poderá ser importante no combate e prevenção da obesidade e, conseqüentemente, na prevenção de doenças cardiovasculares, uma vez que a obesidade é considerada um fator de risco para eventos clínicos cardiovasculares.

Através desta revisão da literatura, é possível observar que o gergelim parece ter grande importância na saúde e se apresenta com um alimento de ótima qualidade nutricional.

## 2 JUSTIFICATIVA

Considerado por alguns autores como sendo um alimento de alto valor nutricional e tendo alguns estudos que mostram seus benefícios à saúde, faz-se necessário caracterizar quimicamente o gergelim e seus diferentes produtos, como a farinha, o óleo e o leite. Além disso, existem variações em relação à coloração do gergelim e poucos são os estudos que mostram essas diferenças químicas entre o gergelim branco e negro. Na literatura, encontram-se poucos estudos que analisaram as características químicas de diferentes variedades e formas de apresentação, comparando-as, a fim de se verificar a de melhor valor nutricional.

Desta forma, torna-se de grande relevância, traçar a composição nutricional de cada um destes produtos, a fim de se descobrir o melhor tipo de semente (branca ou negra) e produto, além da melhor forma de apresentação do gergelim para o consumo humano (sementes, farinha, óleo ou “leite”) e sua aplicabilidade clinicamente.

É importante também avaliar os critérios microbiológicos dos produtos de gergelim em diferentes tempos após a abertura destes, verificando a sua qualidade e segurança para o consumo humano.

Com isso, este trabalho torna-se fundamental e relevante para a saúde, uma vez que possibilita o conhecimento nutricional de um produto que tem tido seu consumo aumentado mundialmente, com possíveis propriedades funcionais e que alguns estudos em humanos já mostraram seus benefícios à saúde.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Geral

Caracterizar a composição química das diferentes sementes de gergelim (branco e negro), da farinha de gergelim, óleo de gergelim bruto e “leite” de gergelim negro.

#### 3.2 Específicos

- Analisar a composição centesimal da farinha de gergelim e de diferentes marcas de semente de gergelim branco e semente de gergelim negro;
- Determinar cálcio e magnésio da farinha de gergelim e de diferentes marcas de semente de gergelim branco e semente de gergelim negro;
- Determinar zinco, cobre, manganês, potássio, vitamina E e betacaroteno da farinha de gergelim, das sementes de gergelim branco e negro, do óleo de gergelim e do leite de gergelim negro;
- Determinar teor de fibra alimentar total e suas frações (solúvel e insolúvel) da farinha de gergelim, das sementes de gergelim branco e negro e do leite de gergelim negro;
- Analisar o perfil de ácidos graxos da farinha de gergelim, das sementes de gergelim branco e negro, do óleo de gergelim e do leite de gergelim negro;
- Verificar o padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto e da farinha de gergelim;
- Avaliar as características microbiológicas da farinha de gergelim e das sementes de gergelim branco e negro em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração;
- Comparar as características químicas de diferentes marcas e tipos de sementes e produtos do gergelim, a fim de se conhecer a composição nutricional de cada um deles.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos Laboratórios de Técnica Dietética, Tecnologia de Alimentos, Bromatologia e Microbiologia de Alimentos do Instituto de Nutrição (INU) e no Laboratório de Espectrometria Atômica e Molecular do Instituto de Química, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Algumas análises foram realizadas no Laboratório CBO, em Campinas, São Paulo.

No INU/UERJ foram realizadas as seguintes análises: composição centesimal (umidade, cinzas, proteína, lipídios e carboidratos), índice de acidez e índice de peróxido, pré-preparo das amostras para determinação de cálcio e magnésio e as análises microbiológicas.

No Instituto de Química/UERJ foram realizadas as determinações de cálcio e magnésio.

No laboratório CBO, em São Paulo, foram realizadas determinações de minerais (cobre, zinco, manganês e potássio), vitamina E e betacaroteno, perfil de ácidos graxos e fibras totais e suas frações (solúvel e insolúvel).

### 4.1 Composição química do gergelim (*Sesamum indicum* L)

#### 4.1.1 Matéria-prima: aquisição e preparo das amostras

As sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) branco e negro utilizadas neste estudo foram integrais, com casca e cruas, adquiridas em lojas de produtos naturais e supermercados na cidade do Rio de Janeiro, sendo encontradas 4 marcas diferentes do gergelim branco e 2 marcas diferentes do gergelim negro. Em relação à farinha e ao óleo de gergelim bruto, foi encontrada apenas uma marca de cada um deles, durante o período disponível para compra dos produtos comerciais. A farinha de gergelim é desengordurada e proveniente de sementes brancas, cruas e com casca.

Para a realização das análises de composição química nos laboratórios do INU/UERJ e no Instituto de Química/UERJ, as sementes de gergelim branco e negro foram trituradas em

moinho A10 Janke & Kunkel no laboratório de Tecnologia de Alimentos. A farinha de gergelim e o óleo foram analisados sem prévio preparo.

Nas análises realizadas no laboratório CBO, em São Paulo, apenas uma marca comercial de cada produto foi analisada. As amostras foram enviadas de acordo com as recomendações do laboratório. Sendo assim, foram enviadas 200 g de semente de gergelim branco e 200g de semente de gergelim negro, sem serem trituradas previamente; 200g de farinha de gergelim; 200 mL de “leite” de gergelim negro e 200 mL de óleo de gergelim bruto. As sementes e a farinha foram embaladas, separadamente, em sacos de congelar e fechadas hermeticamente. O óleo de gergelim foi colocado em 5 tubos Falcon de 50 mL cada e também armazenado em isopor. Tanto as sementes quanto o óleo de gergelim foram transportados em isopor a temperatura ambiente. A bebida de gergelim negro, chamada de “leite” de gergelim, foi feita a partir da semente de gergelim negro e produzida no Laboratório de Técnica Dietética/UERJ. As sementes ficaram de molho em água filtrada na geladeira por 8 horas, em seguida trituradas em liquidificador com a mesma água filtrada do molho, coadas e colocadas em 5 tubos Falcon de 50 mL cada, congeladas e armazenadas em isopor com gelo para posterior envio para o laboratório CBO, São Paulo.

#### **4.2 Análises químicas**

Nas sementes de gergelim branco e negro, na farinha de gergelim foram realizadas as seguintes análises: composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos), minerais (cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e potássio), vitamina E, betacaroteno, perfil de ácidos graxos e fibras totais e as frações solúvel e insolúvel.

No óleo de gergelim, foram realizados índice de acidez e índice de peróxido, perfil de ácidos graxos, minerais (cobre, zinco, manganês e potássio) e vitaminas.

No “leite” de gergelim negro, as análises foram: minerais (cobre, zinco, manganês e potássio), vitamina E, betacaroteno, perfil de ácidos graxos e fibras totais e as frações (solúvel e insolúvel).

#### 4.2.1 Composição centesimal

##### 4.2.1.1 Determinação da umidade

A determinação da umidade foi realizada por perda por dessecção com secagem direta em estufa, modelo 315 SE, a 105<sup>o</sup>C, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985a; 2008). Pesou-se, em balança analítica modelo AW 220 Shiwadzu, 5g da amostra, em triplicata, em cápsula de porcelana, previamente aquecida em estufa a 105<sup>o</sup>C durante 1 hora e esfriada em dessecador por 15 minutos e previamente tarada.

Em seguida, as amostras foram submetidas ao aquecimento em estufa a 105<sup>o</sup>C, durante 3 horas, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. Em seguida, pesou-se a amostra e as operações de aquecimento, resfriamento e pesagem foram repetidas até peso constante.

#### **Cálculo:**

Umidade =  $100 \times N/P$ , onde:

N = n<sup>o</sup> de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n<sup>o</sup> de gramas da amostra

##### 4.2.1.2 Determinação de cinzas

A determinação das cinzas foi realizada por incineração, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985b;2008) e AOAC (1996). Pesou-se, em balança analítica modelo AW 220, 5 g da amostra, em triplicata, em cadinhos, previamente aquecidos em mufla, modelo LW 2000, a 550<sup>o</sup>C, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado. A amostra foi carbonizada em bico de Bunsen, aquecendo de maneira uniforme todo o cadinho até completa carbonização da amostra. Em seguida, a amostra foi incinerada em mufla a 550<sup>o</sup>C por 3 horas, até as cinzas ficarem brancas ou ligeiramente acinzentadas. Foram levadas a estufa por 15 minutos para redução da temperatura e transferidas para um dessecador por 15 minutos, até a temperatura ambiente e realizada a pesagem. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas, até obtenção de peso constante.

**Cálculo:**

$100 \times N/P = \text{Cinzas por cento}$ , onde:

N = nº de g de cinzas

P = nº de g da amostra

#### 4.2.1.3 Determinação de proteínas

A determinação da proteína foi realizada em triplicata, através do método de Kjeldahl (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985c; 2008), que baseia-se na determinação de nitrogênio orgânico total através de 3 etapas: Digestão, Destilação e Titulação.

Para a fase de digestão, pesou-se 1,5 g de mistura analítica em tubo de Kjeldahl. Em seguida, pesou-se, em balança analítica AW 220, em torno de 0,2 a 0,5 g de cada amostra, em triplicata, em papel manteiga, o qual foi embrulhado e colocado juntamente com a mistura digestora e o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado e mais 3 pérolas de vidro. Os tubos foram posicionados na Chapa Digestora Quimis, elevando gradativamente a temperatura até atingir  $350^\circ\text{C}$ , em capela de exaustão de gases. O material contido nos tubos passou por uma fase bem escura, até que, quando o processo de digestão foi finalizado, houve a obtenção de líquido translúcido.

A fase da digestão baseia-se na ação do  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sobre o material orgânico (a amostra), onde o carbono é eliminado sob a forma de  $\text{CO}_2$ , o hidrogênio sob a forma de água e o nitrogênio é transformado em  $\text{NH}_3$ , e fixado na forma de sal amoniacal  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

A fase de destilação consistiu, inicialmente, na transferência do conteúdo do tubo de digestão para o tubo de destilação, com auxílio de 30 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionadas, ao tubo de destilação, 2 gotas de fenolftaleína 1% e, com auxílio de um funil, o reservatório do destilador de nitrogênio, da marca Tecnal, foi preenchido com hidróxido de sódio (NaOH) 40% e 25 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N foram pipetados em tubo de erlenmeyer posicionado na saída do condensador do equipamento. Por último, 2 fragmentos de zinco metálico foram adicionados ao tubo de destilação e este foi conectado, imediatamente, ao destilador. Foram adicionados 40 mL de NaOH 40% ao tubo de destilação até alcalinizar o meio. O aquecimento da caldeira iniciou-se para destilar o nitrogênio até, aproximadamente, 3 vezes o volume inicial.

A terceira e última etapa da determinação de proteínas, a titulação, consistiu em adicionar, ao Erlenmeyer, 4 gotas de vermelho de metila e foi feita a dosagem do excesso de ácido sulfúrico por neutralização com solução padrão de NaOH 0,1N, até a viragem do indicador.

Foi realizada, paralelamente, a prova em branco, com todas as etapas relatadas anteriormente.

O resultado foi expresso em g de proteína por 100g da amostra, através do seguinte cálculo:

$$(V \times 0,14 \times f)/P = \text{proteína\%, sendo,}$$

V = volume NaOH gasto na titulação do branco – volume NaOH gasto na titulação da amostra

f= fator de conversão (6,25)

P = massa da amostra (g)

#### 4.2.1.4 Determinação de lipídios

O teor de lipídio foi verificado em triplicata, pelo método de Bligh e Dyer (1959), que consiste na mistura de 3 solventes: clorofórmio, metanol e água destilada.

Pesou-se, em balança analítica modelo AW 220, entre 2 e 2,5g de amostra em um tubo de 70 mL e foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. Os tubos foram tampados, hermeticamente, e colocados em um agitador rotativo por 30 minutos. Em seguida, foram adicionados, 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5%, tampando-se os tubos, que foram agitados por mais 2 minutos e centrifugados a 1000rpm por 2 minutos para acelerar a separação das fases. A camada superior foi descartada por meio de Compressor Dia-Pump Modelo C e colocado em tubo de ensaio de 30 mL, acrescentando, em seguida e 1g de sulfato de sódio anidro, tampando e agitando a fim de remover traços de água que são arrastados na pipetagem da camada inferior. Filtrou-se, filtrar rapidamente num funil pequeno com papel de filtro, obtendo solução límpida. 5 mL foram pipetados e despejados em béquer de 50 mL, previamente tarado, e colocados em estufa de secagem e esterilização modelo 315 SE, a 80°C até evaporar o solvente, e por último, pesou-se em balança analítica modelo AW 220.

**Cálculo:**

% lipídios totais =  $(p \times 4)/g \times 100$ , onde:

p = peso dos lipídios (g) em 5 mL

g = peso da amostra (g)

#### 4.2.1.5 Determinação de carboidratos

A determinação de carboidratos foi realizada através de cálculo por diferença de acordo com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios})$$

### 4.3 Determinação de minerais e vitaminas

#### 4.3.1 Determinação de cálcio e magnésio

A análise de cálcio e magnésio foi realizada pela técnica de Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (AOAC, 1984; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005), no equipamento da marca *Thermo Scientific*, modelo *iCe 3000 Series*.

Para a realização destas análises, foi realizado um pré-preparo da amostra, em duplicata, sendo realizada a digestão da amostra por via seca (carbonização em bico de Bunsen), que foi seguida de incineração em mufla, modelo LW 2000, a 550 °C. Em cadinho de porcelana, pesou-se, aproximadamente, 5 gramas da amostra em balança analítica, modelo AW 220, e em seguida foi realizada a queima desta em bico de Bunsen em capela de exaustão de gases até cessar a fumaça. Colocou-se o cadinho na mufla a 550 °C por 4 horas. Depois, as amostras foram para estufa por 15 minutos e dessecador por mais 15 minutos para o completo esfriamento. As amostras foram umedecidas com água deionizada e 2 gotas de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), sendo aquecidas até a secura em chapa aquecedora. As amostras retornaram para a mufla a 550 °C até a completa mineralização da amostra, ou seja, até a obtenção de cinzas claras, isenta de carvão. As cinzas claras foram dissolvidas com ácido clorídrico (1+1) e ácido

nítrico (HNO<sub>3</sub>) e filtradas com água deionizada para balão volumétrico de 50 mL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985; 2005).

#### 4.3.2 Determinação de zinco, cobre, manganês e potássio

A determinação de minerais foi realizada pelo método de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA) que baseia-se na extração, por calcinação e/ou digestão ácida, do elemento mineral contido na amostra e a determinação da sua concentração por meio da técnica de absorção atômica (AOAC, 1984; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

#### 4.3.3 Determinação de Vitamina E (alfa - tocoferol)

Foi realizada a determinação do tipo alfa-tocoferol de vitamina E através da técnica cromatográfica HPLC (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) (MEP)

#### 4.3.4 Determinação de carotenoide (Betacaroteno)

A determinação do carotenoide betacaroteno foi realizada de acordo com as orientações de RODRIGUEZ-AMAYA (2001).

### 4.4 **Determinação de fibra alimentar**

A determinação de fibras totais, solúveis e insolúveis foi baseada no método enzimático-gravimétrico da AOAC (2007). Esse método baseia-se na porção não hidrolisada do alimento que resiste à digestão enzimática sequencial com  $\alpha$ -amilase, protease e amiloglicosidase.

#### 4.5 Determinação do Perfil de Ácidos Graxos

Foi realizada a determinação de extrato etéreo, através do método de Soxhlet (AOAC, 1995; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005), para posterior análises de perfil de ácidos graxos. O método de Soxhlet determina o total de substâncias solúveis em solventes orgânicos, sendo essas substâncias os acilgliceróis, os ácidos graxos livres, o colesterol, a lecitina, a clorofila, os álcoois voláteis, os óleos voláteis e as resinas, tendo como fundamento as lavagens sucessivas da amostra, por solventes orgânicos, que nas condições da determinação esgotam completamente a amostra de seus constituintes lipídicos ou lipossolúveis.

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa de alta resolução, de acordo com os métodos de análises da AOAC (2005). O princípio deste método é baseado no fato de que gorduras e ácidos graxos podem ser extraídos dos alimentos através de métodos de hidrólise ácida para a maioria dos produtos. Foram avaliados ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

#### 4.6 Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto

##### 4.6.1 Determinação do índice de acidez do óleo de gergelim bruto

Esta análise foi importante para fornecer dados na avaliação do estado de conservação do óleo, sendo este método aplicável a óleos brutos e refinado, vegetais e animais.

O procedimento consistiu em pesar 2 g da amostra, em balança analítica modelo AW 220, em triplicata, bem homogêneas e completamente líquidas, em frasco de Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, foram adicionados 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra e 2 gotas do indicador fenolftaleína. A última etapa foi a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até o aparecimento de coloração rósea, persistindo por 30 segundos.

A análise e o cálculo foram realizados de acordo com o Instituto Adolf Lutz (2008) e a resolução RDC 482/1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1999c), que determina o índice de acidez para óleo de gergelim bruto em g de ácido oleico/100g.

Acidez em ácido oleico =  $v \times f \times M \times 28,2/P$ , onde,

V = nº de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação.

f = fator de correção de hidróxido de sódio

P = nº de g de amostra

#### 4.6.2 Determinação do índice de peróxido

A determinação do índice de peróxido foi realizada de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Pesou-se 5g da amostra, em balança analítica modelo AW 220, em triplicata, em um frasco Erlenmeyer de 250 mL e foram adicionados 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 e, agitado, até a completa dissolução da amostra. Em seguida, foram adicionadas 0,5 mL da solução saturada de Iodeto de Potássio (KI) e a amostra ficou em repouso, ao abrigo da luz, por exatamente 1 minuto. Acrescentou-se 30 mL de água e, por último, ocorreu a titulação com solução de tiossulfato de sódio 0,01 N, com constante agitação até que a coloração amarela tivesse quase desaparecido. Em seguida, 0,5 mL de solução de amido indicadora foi adicionado e a titulação continuou até o completo desaparecimento da coloração azul. Foi preparada uma prova em branco nas mesmas condições citadas e titulada no final.

Índice de Peróxido em meq por 1000 g da amostra =  $(A-B) \times N \times f \times 1000/P$ , onde:

A = nº de mL da solução de tiossulfato de sódio 0,01N gasto na titulação da amostra

B = nº de mL da solução de tiossulfato de sódio 0,01N gasto na titulação do branco

N = normalidade da solução de tiossulfato de sódio

F = fator da solução de tiossulfato de sódio

P = nº de g da amostra

#### 4.7 **Análises microbiológicas**

As análises microbiológicas foram realizadas nas sementes de gergelim branco e negro da marca A e na farinha de gergelim branco desengordurada, de outra marca comercial, no dia

da abertura da embalagem (tempo 0) e após 7, 14 e 21 dias de armazenamento sob refrigeração a 4 °C. Estas amostras foram mantidas acondicionadas na embalagem original e fechadas hermeticamente.

De acordo com a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), foram pesquisadas as ocorrências de *Salmonella* sp., coliformes termotolerantes e *Bacillus cereus* para a farinha; e *Salmonella* sp. e coliformes termotolerantes para as sementes. Como indicadores auxiliares de segurança e qualidade, foram analisados coliformes totais e bolores e leveduras. As análises foram realizadas em duplicata seguindo o protocolo da *American Public Health Association* (APHA, 2001).

#### 4.7.1 Preparo/Diluição das amostras

Para as análises de coliformes totais e termotolerantes, *Bacillus cereus* e bolores e leveduras foram pesados 10 g de unidade analítica de cada amostra e homogeneizados, em *Stomacher*, em 90 mL de água peptonada a 0,1%, obtendo-se a diluição  $10^{-1}$ . A partir desta, as subsequentes diluições decimais seriadas até a diluição  $10^{-3}$  e semeadas em meios de cultura específicos para cada análise.

#### 4.7.2 Determinação de Coliformes totais e coliformes termotolerantes

A determinação de coliformes totais e termotolerantes foi realizada por meio da Técnica do Número Mais Provável (NMP), também conhecida como Técnica dos Tubos Múltiplos. O ensaio foi realizado em três séries de três tubos cada (3x3) contendo meio de cultura em tubos de ensaio com tubos de Durham invertidos. O Teste Confirmativo de coliformes totais consistiu na inoculação de uma alíquota de 1 mL das diluições  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  em caldo Verde Brillhante Bile 2% e incubação a  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}/24$  a 48 h. O Teste Confirmativo de coliformes termotolerantes consistiu na inoculação de uma alçada de cada tubo positivo, em caldo Verde Brillhante Bile 2%, em caldo *Escherichia coli* (caldo EC) e incubação a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}/24$  a 48 h. Foi considerado como tubo positivo aquele que

apresentou turvação e produção de gás. Os resultados foram expressos como NMP/g do produto, utilizando a tabela de Hoskins (1934).

#### 4.7.3 Contagem de *Bacillus cereus* e bolores e leveduras

Para a quantificação de *Bacillus cereus* e bolores e leveduras foi utilizada a Técnica da Contagem em Placa por Semeadura em Superfície. Cem microlitros das diluições  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$  foram plaqueadas, respectivamente, em Agar *Mannitol-egg-yolk-polymyxin* (MYP) com incubação a  $30 \pm 2^\circ\text{C}/24$  a 48 h, e em Agar Batata Dextrose acidificado com ácido tartárico a 10% até pH 3,5 incubando-se a 22 a 25 °C/5 dias. Os resultados foram expressos em UFC/g (Unidades Formadoras de Colônias por grama).

#### 4.7.4 Detecção de *Salmonella* sp.

A detecção de *Salmonella* spp. foi realizada pelo método cultural clássico de presença/ausência. Este método qualitativo consistiu em três etapas, pré-enriquecimento em água peptonada a 1%, enriquecimento seletivo em caldos Selenito Cistina e Rappaport Vassiliadis e plaqueamento seletivo diferencial (isolamento e seleção) em Agar *Salmonella Shigella* (Agar SS) e Agar Xilose Lisina Desoxicolato (Agar XLD) para detecção de colônias típicas. Havendo crescimento de colônias características, a confirmação se daria por provas bioquímicas e sorológicas. Os resultados foram expressos como presença/ausência de *Salmonella* sp. em 25g do produto.

Vinte e cinco gramas da amostra foram pré-enriquecidos em 225 mL de água peptonada a 1% e incubados a  $35 \pm 2^\circ\text{C}/24$  h. Alíquotas da cultura pré-enriquecida incubada foram inoculadas em caldos Selenito Cistina e Rappaport Vassiliadis seguidos de incubação, respectivamente, a  $35 \pm 2^\circ\text{C}/18$  a 24 h e  $42-43^\circ\text{C}/18$  a 24 h. Uma alçada de cada caldo foi estriada em Agar SS e XLD, incubados a  $35 \pm 2^\circ\text{C}/18$  a 24 h.

## 5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com pós teste de *Tukey* para comparação das médias entre os grupos. Para comparar apenas dois grupos foi utilizado o *teste t*. O intervalo de confiança foi de 95%. Foi utilizado o *software* GraphPad Prism 5.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Composição centesimal

A **tabela 1** mostra a comparação da composição centesimal entre as diferentes marcas comerciais de gergelim branco encontradas em lojas de produtos naturais e supermercados da cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 1. Comparação da composição centesimal das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim branco

Composição Centesimal (%)	Semente de Gergelim Branco A	Semente de Gergelim Branco B	Semente de Gergelim Branco C	Semente de Gergelim Branco D
Proteínas	18,12 ± 1,42 <sup>a</sup>	24,31 ± 1,58 <sup>b</sup>	21,27 ± 1,08 <sup>b,c</sup>	20,33 ± 0,64 <sup>a,b</sup>
Lipídios	45,68 ± 0,68 <sup>a</sup>	41,51 ± 0,03 <sup>b</sup>	45,77 ± 1,25 <sup>a,c</sup>	44,57 ± 0,29 <sup>a,b,d</sup>
Carboidratos	26,24 ± 0,98 <sup>a</sup>	29,62 ± 0,98 <sup>a,c</sup>	22,47 ± 1,44 <sup>b,d</sup>	25,49 ± 0,90 <sup>a,e</sup>
Umidade	5,07 ± 0,27 <sup>a</sup>	3,26 ± 0,23 <sup>b,c</sup>	5,34 ± 0,06 <sup>a,d</sup>	4,74 ± 0,36 <sup>a,b,c</sup>
Cinzas	4,87 ± 0,14 <sup>a</sup>	2,97 ± 0,08 <sup>b</sup>	5,04 ± 0,05 <sup>c</sup>	5,00 ± 0,18 <sup>d</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Em relação à proteína, houve diferença significativa entre as marcas de gergelim branco A e B ( $p < 0,001$ ) e entre o gergelim branco A e C ( $p < 0,05$ ). Entre as outras marcas, não houve diferença significativa.

Sobre o lipídio, houve diferença significativa entre as marcas de gergelim branco A e B ( $p < 0,001$ ) e entre as marcas de gergelim branco B e C ( $p < 0,001$ ) e B e D ( $p < 0,05$ ). A maior diferença estatística ocorreu entre as marcas B e C ( $p < 0,001$ ).

Houve diferença significativa entre as marcas A e C ( $p < 0,05$ ), B e C ( $p < 0,0001$ ) e C e D ( $p < 0,05$ ) e não houve diferença significativa entre as marcas A e B e A e D no teor de carboidratos.

O gergelim branco B apresentou maior teor de proteínas e carboidratos, enquanto que o maior teor de lipídios encontrado foi nas sementes de gergelim branco A e C, onde não houve diferença significativa entre elas.

Houve diferenças significativas nos teores de umidade e cinza, sendo a semente de gergelim branco C a que apresentou maior quantidade de cinzas e umidade.

A **tabela 2** mostra a comparação da composição centesimal entre as diferentes marcas comerciais de gergelim negro encontradas em lojas de produtos naturais e supermercados da cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 2. Comparação da composição centesimal das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim negro

Composição Centesimal (%)	Semente de Gergelim Negro A	Semente de Gergelim Negro B
Proteínas	17,39 ± 0,45 <sup>a</sup>	16,82 ± 0,82 <sup>a</sup>
Lipídios	29,53 ± 0,26 <sup>a</sup>	45,11 ± 1,85 <sup>b</sup>
Carboidratos	41,27 ± 0,56 <sup>a</sup>	25,85 ± 2,21 <sup>b</sup>
Umidade	5,97 ± 0,85 <sup>a</sup>	6,30 ± 0,04 <sup>a</sup>
Cinzas	5,85 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,91 ± 0,02 <sup>a</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado *test t*. ( $p \leq 0,05$ )

Não houve diferença significativas no teor de proteínas e cinzas entre as duas marcas de gergelim negro analisadas. Em relação aos lipídios e ao carboidrato, houve diferença significativa ( $p < 0,0001$ ), sendo o gergelim negro B com maior teor de lipídios e com menor teor de carboidrato. Não houve diferenças significativas entre as marcas, em relação à umidade e cinzas.

A **Tabela 3** compara a composição centesimal da farinha de gergelim e das sementes de gergelim branco e negro.

Tabela 3. Comparação da composição centesimal entre a farinha de gergelim e as médias das marcas comerciais das sementes de gergelim branco e gergelim negro

Composição Centesimal (%)	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco	Semente de Gergelim Negro
Proteínas	28,14 ± 0,81 <sup>a</sup>	20,62 ± 1,90 <sup>b</sup>	17,11 ± 0,67 <sup>c</sup>
Lipídios	24,22 ± 0,49 <sup>a</sup>	44,35 ± 1,90 <sup>b</sup>	37,32 ± 8,61 <sup>c</sup>
Carboidratos	37,13 ± 0,59 <sup>a</sup>	25,96 ± 2,80 <sup>b</sup>	33,56 ± 8,56 <sup>a</sup>
Umidade	4,16 ± 0,22 <sup>a</sup>	4,52 ± 0,87 <sup>a</sup>	6,13 ± 0,58 <sup>b</sup>
Cinzas	6,34 ± 0,10 <sup>a</sup>	4,47 ± 0,92 <sup>b</sup>	5,87 ± 0,03 <sup>a</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Em relação à proteína, houve grande diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) entre os produtos, mostrando que a farinha de gergelim apresentou maior teor proteico, seguido da

semente de gergelim branco e com menor quantidade de proteína, a semente de gergelim negro.

Sobre os lipídios, as maiores diferenças significativas encontradas foram entre a farinha e a semente de gergelim branco ( $p < 0,001$ ) e a semente de gergelim negro ( $p < 0,001$ ). Houve diferença significativa também entre os dois tipos de sementes ( $p < 0,05$ ). A semente de gergelim branco foi a que apresentou o maior teor de lipídios, seguido da semente de gergelim negro. A farinha de gergelim apresentou baixo teor de lipídios quando comparada com as sementes, o que pode ser explicado pelo fato da farinha utilizada nas análises passar por processo de desengorduração, de acordo com informações do fabricante.

Não observou-se diferença significativa entre a farinha de gergelim e a semente de gergelim negro no teor de carboidratos. As diferenças significativas encontradas foram entre a farinha e a semente de gergelim branco ( $p < 0,001$ ) e entre as sementes de gergelim branco e negro ( $p < 0,05$ ). A farinha de gergelim apresentou maior quantidade de carboidratos, enquanto que a semente de gergelim branco, o menor teor.

Em relação à umidade, não houve diferença significativa entre a farinha de gergelim e semente de gergelim branco. As diferenças de umidade foram observadas entre a farinha e a semente de gergelim negro ( $p < 0,001$ ) e entre os dois tipos de sementes ( $p < 0,001$ ). A semente de gergelim negro apresentou maior teor de umidade. A farinha de gergelim apresentou padrão de identidade e qualidade em conformidade com a legislação apresentando teor de umidade de 4,16%, uma vez que a legislação preconiza para farinhas umidade máxima de 15%/100g (BRASIL, 2005)

Não foram encontradas diferenças significativas entre a farinha de gergelim e a semente de gergelim negra na quantidade de cinzas. As diferenças foram observadas entre as sementes e entre a semente de gergelim branco e a farinha, sendo esta com o maior percentual de cinzas, e a semente de gergelim branca, o menor percentual.

## 6.2 Cálcio e Magnésio

A **Tabela 4** compara a quantidade de cálcio e magnésio (mg/100g da amostra) das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim branco.

Tabela 4. Comparação dos teores de cálcio e magnésio das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim branco

Minerais (mg/100g)	Semente de Gergelim Branco A	Semente de Gergelim Branco B	Semente de Gergelim Branco C	Semente de Gergelim Branco D
Cálcio	676,00 ± 5,66 <sup>a</sup>	8,50 ± 0,71 <sup>b</sup>	743 ± 45,25 <sup>c</sup>	649,50 ± 0,71 <sup>a</sup>
Magnésio	260,00 ± 9,90 <sup>a</sup>	362,50 ± 6,36 <sup>b,c</sup>	299,00 ± 18,38 <sup>a</sup>	344,00 ± 1,41 <sup>b,c</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Em relação ao cálcio, houve grande diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) das marcas A, C e D em relação ao gergelim branco B, que apresentou um teor de cálcio muito baixo nas duplicatas desta amostra. As análises de cálcio da semente de gergelim branco B foram repetidas, tanto do mesmo lote quanto de lote diferente e os resultados permaneceram baixos.

Em relação ao magnésio, houve diferença significativa entre a marca A em relação às marcas B e D ( $p < 0,001$ ) e entre a marca C em relação a B e D ( $p < 0,05$ ). Entre as outras marcas não houve diferença significativa.

A semente de gergelim branco C apresentou o maior teor de cálcio, enquanto que a semente de gergelim Branco B apresentou o maior teor de magnésio.

A **Tabela 5** compara a quantidade de cálcio e magnésio (mg/100g da amostra) das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim negro.

Tabela 5. Comparação dos teores de cálcio e magnésio das diferentes marcas comerciais de semente de gergelim negro

Minerais (mg/100g)	Semente de Gergelim Negro A	Semente de Gergelim Negro B
Cálcio	1009,50 ± 2,12 <sup>a</sup>	957,00 ± 4,24 <sup>b</sup>
Magnésio	306,01 ± 0,01 <sup>a</sup>	280,00 ± 1,41 <sup>b</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado *test t*. ( $p \leq 0,05$ )

As sementes de gergelim negro apresentaram diferenças significativas entre elas em relação ao cálcio e magnésio ( $p < 0,01$ ), sendo a semente de gergelim negro A com o maior teor de Ca e Mg.

A **Tabela 6** compara os teores de cálcio e magnésio entre a farinha e as médias das sementes de gergelim branco e negro. Devido ao baixo teor de cálcio na semente de gergelim

branco B, optou-se por não incluir esse valor no cálculo da média das sementes de gergelim branco.

**Tabela 6.** Comparação do teor de cálcio e magnésio entre a farinha de gergelim e as médias das marcas comerciais das sementes de gergelim negro e gergelim branco

Minerais (%)	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco	Semente de Gergelim Negro
Cálcio	802,50 ± 0,71 <sup>a</sup>	756,50 ± 130,25 <sup>b</sup>	983,25 ± 30,43 <sup>c</sup>
Magnésio	388,00 ± 26,87 <sup>a,c</sup>	309,10 ± 41,28 <sup>b,c</sup>	293,01 ± 15,03 <sup>b</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Em relação ao cálcio, houve diferença significativa entre a semente de gergelim branco e a semente de gergelim negro ( $p < 0,0001$ ), entre a farinha e a semente de gergelim negro ( $p < 0,001$ ) e entre a farinha e a semente de gergelim branco ( $p < 0,05$ ) e apenas entre a farinha de gergelim e a semente de gergelim negro para o magnésio ( $p < 0,05$ ).

A maior diferença de cálcio encontrada foi entre o gergelim negro e branco, indicando que a semente de gergelim negro é a que apresenta maior teor de cálcio e a semente de gergelim branca a menor concentração. Em relação ao magnésio, a farinha de gergelim é considerada a maior fonte.

### 6.3 Zinco, Cobre, Manganês e Potássio

A **tabela 7** mostra o teor de minerais presentes na farinha de gergelim e nas sementes de gergelim negro e branco. O óleo de gergelim apresentou quantidades inferiores a 1mg/100mL de produto para zinco (0,108mg/100mL), cobre (<0,1 mg/100mL) e manganês (<0,1 mg/100mL). Desta forma, optou-se por não incluir o óleo na comparação entre os produtos e nas análises estatísticas. Em relação ao potássio, o óleo apresentou um teor de 16%, sendo o produto de gergelim com maior teor de potássio.

Em relação ao manganês e ao zinco, houve diferença significativa entre os três produtos sendo o maior teor de manganês encontrado na semente de gergelim negro e o maior teor de zinco encontrado na farinha de gergelim.

Não houve diferença significativa entre as sementes de gergelim branco e negro nos teores de cobre, mas houve diferença entre a farinha e os dois tipos de semente, sendo a farinha de gergelim com maior quantidade de cobre em 100g do produto.

Sobre o potássio, houve diferença significativa entre a farinha e a semente de gergelim branco e entre as duas sementes. Os valores de potássio encontrados foram baixos em todos os produtos.

A farinha e as sementes de gergelim apresentaram boas quantidades de cobre e baixa concentração de zinco e manganês, além de teores muito baixos de potássio, com exceção do óleo de gergelim que apresentou maior quantidade de potássio.

Tabela 7. Comparação dos minerais zinco, cobre, potássio e manganês entre a farinha, semente de gergelim negro e semente de gergelim branco

Minerais	Farinha de Gergelim	Semente de Gergelim	Semente de Gergelim
	Branco Desengordurada	Branco A	Negro A
Manganês (mg/100g)	2,47 ± 0,09 <sup>a</sup>	1,90 ± 0,03 <sup>b</sup>	3,59 ± 0,04 <sup>c</sup>
Zinco (mg/100g)	8,50 ± 0,17 <sup>a</sup>	6,41 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,94 ± 0,04 <sup>c</sup>
Cobre (mg/100g)	2,18 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,49 ± 0,08 <sup>b,c</sup>	1,60 ± 0,15 <sup>b,c</sup>
Potássio (%)	0,46 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,42 ± 0,01 <sup>b</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

#### 6.4 Vitamina E e betacaroteno

Os resultados da análise de betacaroteno mostraram que todos os produtos analisados (sementes de gergelim branco e negro, farinha de gergelim, e óleo de gergelim) apresentaram quantidades muito baixas destes nutrientes, com valores inferiores a 0,1 mg por 100g do produto.

A **tabela 8** mostra os resultados de Vitamina E nas sementes, na farinha e no óleo de gergelim.

A análise de vitamina E foi feita em determinação única e podemos observar na **Tabela 8**, que a farinha e as sementes possuem baixas quantidades de vitamina E, enquanto que o óleo de gergelim apresenta um teor maior deste micronutriente, sendo o mais rico em vitamina E dentre os produtos de gergelim, enquanto que a farinha e as sementes são consideradas pobres neste micronutriente.

Tabela 8. Comparação da quantidade de Vitamina E entre a farinha de gergelim, as sementes de gergelim negro e branco e o óleo de gergelim

	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco A	Semente de Gergelim Negro A	Óleo de Gergelim Bruto
Vitamina E (mg/100g ou mL)	0,31	0,44	0,51	28,34

### 6.5 Fibras alimentares totais e suas frações (solúvel e insolúvel)

As análises de fibra alimentar total e suas frações foram feitas em determinação única e podemos observar na **Tabela 9**, que a semente de gergelim negro apresenta o maior teor de fibras totais, sendo considerada fonte destas fibras, enquanto que a farinha e a semente de gergelim branco tem quantidades menores, principalmente a semente. Outro fator importante é que o gergelim se apresenta como fonte de fibras insolúveis, com teores muito baixos em relação às fibras solúveis.

Tabela 9. Teor de fibra alimentar total e suas frações na farinha de gergelim, nas sementes de gergelim branco e negro.

Fibras Alimentares	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco A	Semente de Gergelim Negro A
Solúvel (%)	0,22	0,16	<0,10
Insolúvel (%)	13,45	11,26	27,71
Total (g/100g)	13,67	11,42	27,71

### 6.6 Perfil de Ácidos Graxos

A **Tabela 10** compara o teor de ácidos entre a farinha, as sementes e o óleo de gergelim. Nas duas tabelas, entre todos os ácidos graxos e entre os ácidos graxos instaurados, houve diferença significativa entre todos os produtos de gergelim analisados.

Tabela 10. Comparação do teor de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados entre a farinha de gergelim, as sementes de gergelim branco e negro e o óleo de gergelim.

Ácidos Graxos (%)	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco	Semente de Gergelim Negro	Óleo de Gergelim Bruto
Saturados	4,67 ± 0,02 <sup>a</sup>	7,49 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,29 ± 0,04 <sup>c</sup>	15,27 ± 0,07 <sup>d</sup>
Monoinsaturados	11,89 ± 0,17 <sup>a</sup>	20,28 ± 0,14 <sup>b</sup>	16,29 ± 0,02 <sup>c</sup>	35,71 ± 0,26 <sup>d</sup>
<i>Oleico</i>	11,91 ± 0,01 <sup>a</sup>	20,14 ± 0,13 <sup>b</sup>	16,16 ± 0,02 <sup>c</sup>	35,32 ± 0,27 <sup>d</sup>
Poli-insaturados	13,22 ± 0,04 <sup>a</sup>	22,73 ± 0,19 <sup>b</sup>	16,86 ± 0,02 <sup>c</sup>	48,96 ± 0,18 <sup>d</sup>
<i>Linoleico</i>	13,10 ± 0,04 <sup>a</sup>	22,55 ± 0,19 <sup>b</sup>	16,72 ± 0,03 <sup>c</sup>	47,62 ± 0,19 <sup>d</sup>
<i>Linolênico</i>	0,11 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,00 <sup>a,b</sup>	1,25 ± 0,05 <sup>c</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças significativas, na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Houve grande diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) entre todas os produtos analisados em relação aos ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados, oleico e linoleico.

Em relação aos ácidos graxos saturados, o que apresentou menor teor foi a farinha de gergelim e o maior teor, o óleo de gergelim. As sementes apresentaram valores mais próximos, apesar da diferença significativa, estatisticamente. Sobre os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, o óleo de gergelim apresentou a maior quantidade, seguido da semente de gergelim branco. A farinha de gergelim apresentou o menor percentual nos três tipos de ácidos graxos, o que pode ser explicado pelo fato da farinha ser desengordurada, de acordo com informações do fabricante.

A diferença entre o gergelim branco e a farinha foi pequena e a maior diferença significativa foi entre a farinha e óleo e as sementes e óleo.

É possível observar que os produtos de gergelim são fontes de ácido graxo monoinsaturado oleico e ácido graxo poli-insaturado linoleico e não é considerado um alimento rico em ácido graxo linolênico. O óleo de gergelim apresenta a maior concentração de ácidos graxos insaturados, seguido da semente de gergelim branco e a farinha o menor teor destes ácidos graxos. Sementes, farinha e óleo de gergelim não apresentaram gorduras *trans*.

A **Tabela 11** apresenta o perfil de ácidos graxos do óleo de gergelim comparando com as recomendações preconizadas pela Anvisa (BRASIL, 1999c). Pode-se observar, que o óleo de gergelim encontra-se, praticamente dentro destas recomendações em todos os ácidos graxos analisados e especificados na resolução, com exceção do esteárico que está abaixo e do linolênico que está acima.

Tabela 11. Perfil de ácidos graxos do Óleo de Gergelim Bruto

Perfil de ácidos graxos	Nomenclatura	Óleo de gergelim (%)	g/100g (RDC/482)*
Extrato etéreo	-	99,71 ± 0,18	NE
Mirístico	C 14:0	0,04 ± 0	< 0,5
Palmítico	C 16:0	11,49 ± 0,04	7,0 - 12,0
Palmitoléico	C 16:1	0,14 ± 0,01	< 0,5
Esteárico	C 18:0	2,64 ± 0,01	3,5 - 6,0
Oléico	C 18:1	35,32 ± 0,27	35,0 - 50,0
Linoléico	C 18:2	47,62 ± 0,19	35,0 / 50,0
Linolênico	C 18:3	1,25 ± 0,05	< 1,0
Araquídico	C 20:0	0,52 ± 0,01	< 1,0
Eicosenóico	C 20:1	0,25 ± 0,01	< 0,5
Behênico	C 22:0	0,23 ± 0,01	< 0,5
Caprílico	C 8	0,02 ± 0,00	NE
Margárico	C 17:0	0,05 ± 0,00	NE
Tricosanóico	C 23:0	0,04 ± 0,00	NE
Lignocérico	C 24:0	0,22 ± 0,00	NE
Erucico	22:1 n9c	0,02 ± 0,00	NE
Cis-Eicosadienóico	C 20:2	0,01 ± 0,01	NE

Média ± Desvia Padrão; NE = não especificado

\*Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 (BRASIL, 1999)

De acordo com a **Tabela 11**, observa-se que o óleo é considerado importante fonte de ácido graxo poli-insaturado linoleico (ômega-6), ácido graxo monoinsaturado oleico (ômega-9) e pequena quantidade de ácido graxo poli-insaturado linolênico (ômega-3).

Em relação às gorduras saturadas, os ácidos palmítico e esteárico são os que se encontramos que estão em maiores quantidades.

Para a farinha e sementes de gergelim, não existe uma resolução sobre os teores de ácidos graxos presentes nestes produtos. Na **Tabela 12**, encontra-se o perfil completo destes ácidos graxos.

Tabela 12. Perfil de ácidos graxos na farinha e nas sementes de gergelim branco e negro

Perfil de ácidos graxos	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco	Semente de Gergelim Negro
Extrato etéreo	29,60 ± 0,42 <sup>a</sup>	50,66 ± 0,23 <sup>b</sup>	39,08 ± 0,50 <sup>c</sup>
Butírico	0,08 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Mirístico (C 14:0)	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Palmítico (C 16:0)	2,63 ± 0,02 <sup>a</sup>	4,21 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,67 ± 0,03 <sup>c</sup>
Palmitoléico (C 16:1)	0,03 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,06 ± 0,00 <sup>c</sup>
Esteárico (C 18:0)	1,71 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,94 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,23 ± 0,02 <sup>c</sup>
Oléico (C 18:1)	11,91 ± 0,01 <sup>a</sup>	20,14 ± 0,13 <sup>b</sup>	16,16 ± 0,02 <sup>c</sup>
Linoléico (C 18:2)	13,10 ± 0,04 <sup>a</sup>	22,55 ± 0,19 <sup>a</sup>	16,72 ± 0,03 <sup>c</sup>

Perfil de ácidos graxos	Farinha de Gergelim Branco Desengordurada	Semente de Gergelim Branco	Semente de Gergelim Negro
Linolênico (C 18:3)	0,11 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,12 ± 0,00 <sup>b,c</sup>
Araquídico (C 20:0)	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>c</sup>
Behênico (C 22:0)	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,00
Caprílico (C 8)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Margárico (C 17:0)	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Tricosanóico (C 23:0)	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Lignocérico (C 24:0)	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00
Erucico (22:1 n9c)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cis-Eicosadienóico (C 20:2)	0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,01 ± 0,00 <sup>a</sup>

Média ± Desvio Padrão. Letras diferentes representam diferenças significativas na variável entre as amostras de mesma linha. Realizado ANOVA com pós teste de Tukey

Em relação ao extrato etéreo, ácido graxo palmítico, ácido graxo esteárico houve diferença significativa entre todas as amostras ( $p < 0,0001$ ), assim como houve diferença no ácido graxo palmitoléico ( $p < 0,001$ ).

A semente de gergelim negro apresentou o maior teor de extrato etéreo e a farinha de gergelim branco desengordurada, o menor teor.

Em relação ao ácido graxo araquídico, houve diferença entre todas as amostras, sendo a maior diferença significativa entre a farinha e as sementes de gergelim ( $p < 0,0001$ ) quando comparada à diferença entre as sementes ( $p < 0,05$ ).

Não foram encontrados teores de ácidos caprílico e erúico na farinha e sementes de gergelim e não foi encontrado teor de ácido butírico nas sementes de gergelim branco e negro.

## 6.7 Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto

A **Tabela 13** mostra que os valores obtidos para os índices de acidez e de peróxido estão de acordo com as recomendações para óleo de gergelim bruto preconizada pela Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 da Anvisa (BRASIL, 1999c), sugerindo adequado padrão de identidade e qualidade do produto.

Tabela 13. Padrões de identidade e qualidade do Óleo de Gergelim Bruto.

	Óleo de Gergelim Bruto	RDC/482*
Índice de Acidez (g de ácido oleico/100g)	0,92 ± 0,09	Máximo 2,0
Índice de Peróxido (meq/Kg)	8,99 ± 0,98	Máximo 10

Média ± Desvio Padrão. \*Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 da Anvisa (BRASIL, 1999).

## 6.8 Considerações sobre o “Leite” de gergelim negro

Conforme observado na **Tabela 14**, os resultados encontrados no “leite” de gergelim em relação aos minerais, às vitaminas, às fibras totais e suas frações solúvel e insolúvel e em relação ao perfil de ácidos graxos foram muito baixos, com valores em 100 mL do produto, inferiores a 1. A análise de perfil de ácidos graxos específicos resultou em valores iguais a zero ou muito próximos a zero e, portanto, não foram incluídos na tabela.

Diante do baixo valor nutricional encontrado nestas análises iniciais, não foram realizadas as demais análises (composição centesimal, cálcio e magnésio e avaliações microbiológicas) deste produto.

Tabela 14. Perfil nutricional do “leite” de gergelim negro

Nutrientes	“Leite” de Gergelim Negro A
Potássio (%)	0,01
Manganês (mg/100mL)	0,105
Zinco (mg/100mL)	0,482
Cobre (mg/100mL)	0,131
Vitamina E (mg/mL)	<0,3
Betacaroteno	<0,05
Fibra alimentar total (g/100g)	0,82
Fibra alimentar solúvel (g/100g)	<0,10
Fibra alimentar insolúvel (g/100g)	0,82
Extrato etéreo (%)	0,53
Ácidos graxos saturados (%)	0,1
Ácidos graxos <i>trans</i> (%)	0
Ácidos graxos monoinsaturados (%)	0,21
Ácidos graxos poli-insaturados (%)	0,22

## 6.9 Avaliações microbiológicas

Nas **Tabelas 15, 16 e 17** podem ser observadas os resultados das análises microbiológicas da farinha de gergelim e das sementes de gergelim branco e negro.

De acordo com a Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), que define os critérios para os padrões microbiológicos sanitários em alimentos, a farinha de gergelim e as sementes de gergelim branco e negro, encontram-se dentro dos parâmetros biológicos determinados, sendo coliformes termotolerantes, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp para farinha de gergelim e coliformes termotolerantes e *Salmonella* sp para as sementes. Todas as avaliações microbiológicas encontram-se dentro dos limites aceitáveis pela

legislação, sugerindo condições higiênico-sanitárias satisfatórias para estes produtos desde o momento da abertura até os 21 dias de armazenamento sob refrigeração.

Para bolores e leveduras, não existe uma legislação específica. Porém, de acordo com Silva Jr (2005), o produto será considerado dentro dos padrões microbiológicos aceitáveis, quando os valores forem menores que  $5 \times 10^5$  UFC/g (Unidades Formadoras de Colônias por grama da amostra). Desta forma, a farinha e as sementes de gergelim apresentaram-se dentro das condições higiênico-sanitárias, desde o momento da abertura até os 21 dias de armazenamento sob refrigeração a 4°C.

Tabela 15. Análises microbiológicas da Farinha de Gergelim Branco Desengordurada, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração

Microrganismos	Tempo de armazenamento (4 °C)				Legislação RDC 12*	Silva Jr, 2005
	T <sub>0</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>14</sub>	T <sub>21</sub>		
Coliformes totais (NMP/g)	23	9,2	93	23	NE	-
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	23	9,2	9,2	9,2	10 <sup>2</sup>	-
<i>Salmonella</i> sp/ 25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	-
<i>Bacillus cereus</i> /g (UFC/g)	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	3 x 10 <sup>3</sup>	-
Bolores e leveduras/g (UFC/g)	2 x 10 <sup>4</sup>	2 x 10 <sup>4</sup>	1,1 x 10 <sup>4</sup>	8 x 10 <sup>3</sup>	NE	≤5x10 <sup>5</sup> **

\*Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001)

\*\*Silva Jr (2005)

T<sub>0</sub> = abertura da embalagem; T<sub>7</sub> = 7 dias; T<sub>14</sub> = 14 dias; T<sub>21</sub> = 21 dias

NMP/g = Número Mais Provável por grama; UFC/g = Unidades Formadoras de Colônias por grama; NE = não especificado

Tabela 16. Análises microbiológicas da Semente de Gergelim Branco, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração

Microrganismos	Tempo de armazenamento (4 °C)				Legislação RDC 12*	Silva Jr, 2005
	T <sub>0</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>14</sub>	T <sub>21</sub>		
Coliformes totais (NMP/g)	>1100	9,2	< 3,0	< 3,0	NE	-
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	15	9,2	23,0	< 3,0	10 <sup>2</sup>	-
<i>Salmonella</i> sp/ 25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	-
Bolores e leveduras/g (UFC/g)	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	8 x 10 <sup>2</sup>	1,4 x 10 <sup>3</sup>	NE	≤5x10 <sup>5</sup> **

\*Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001)

\*\*Silva Jr (2005)

T<sub>0</sub> = abertura da embalagem; T<sub>7</sub> = 7 dias; T<sub>14</sub> = 14 dias; T<sub>21</sub> = 21 dias

NMP/g = Número Mais Provável por grama; UFC/g = Unidades Formadoras de Colônias por grama; NE = não especificado

**Tabela 17.** Análises microbiológicas da Semente de Gergelim Negro, comercial, em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração

Microrganismos	Tempo de armazenamento (4 °C)				Legislação RDC 12*	Silva Jr., 2005
	T <sub>0</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>14</sub>	T <sub>21</sub>		
Coliformes totais (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	NE	-
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	10 <sup>2</sup>	-
<i>Salmonella</i> sp./ 25g	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	-
Bolores e leveduras/g (UFC/g)	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	NE	≤5x10 <sup>5</sup> **

\*Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001)

\*\*Silva Jr (2005)

T<sub>0</sub> = abertura da embalagem; T<sub>7</sub> = 7 dias; T<sub>14</sub> = 14 dias; T<sub>21</sub> = 21 dias

NMP/g = Número Mais Provável por grama; UFC/g = Unidades Formadoras de Colônias por grama; NE = não especificado

## 7 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados, podemos observar que existem diferenças importantes entre a farinha e as sementes de gergelim branco e negro, assim como em relação ao óleo. É importante destacar que há diferença também entre as diferentes marcas das sementes quanto à composição química.

### 7.1 Composição Centesimal e Fibras Alimentares

Em relação à composição centesimal da farinha de gergelim, encontramos resultados diferentes dos achados por Finco et al (2011). O teor de gordura encontrados por eles foi de 39,74g/100g, enquanto que neste trabalho a farinha de gergelim apresentou 24,22g de lipídios/100g. Isso pode ser explicado pelo fato da farinha de gergelim analisada neste estudo ser desengordurada, enquanto que Finco et al. (2011) não relata se houve extração da gordura no processo de produção da farinha. A quantidade de proteína também apresentou diferenças em relação a dados da literatura, com 28,14 g/100g comparados aos 21,27g/100g encontrados por Finco et al (2011). A concentração de carboidrato nas análises neste estudo foi superior, uma vez que devido à baixa quantidade de gordura haverá maior concentração de carboidrato (37,13g/100g) diferente do achado por Finco et al. (2011) que encontrou um teor inferior (15,18g/100g). Não foram encontrados outros estudos que analisaram a composição química centesimal da farinha de gergelim, assim como não há informações desta em tabelas de composição química de alimentos.

As sementes de gergelim branco e gergelim negro apresentaram diferenças significativas importantes na composição centesimal. Costa et al (2007) encontrou 45,68g/100g de lipídios em sementes, não especificando qual seria a cor desta. Em nosso estudo, encontramos valor próximo ao de Costa et al., (2007), que foi de 44,35g/100 g das médias das marcas de semente de gergelim branco. A semente de gergelim negro apresentou uma média inferior (37,32g/100g), diferentes dos valores encontrados por Silva et al. (2011), que foram e 48,82 g/100g. Oliveira et al (2011) encontraram resultados de lipídios de 41,18 g/100 g de sementes de gergelim “*in natura*”, sem especificar em seu estudo a cor da semente. Queiroga et al (2000) encontraram valores mais elevados de lipídios tanto da semente de

gergelim branco (55,55g/100g) quanto da semente de gergelim negro (47,51g/100g) quando comparados aos valores observados na Tabela 3. Porém, é importante destacar, que os valores encontrados nas análises realizadas estiveram bem próximos às informações nutricionais contidas nos rótulos dos produtos adquiridos para a pesquisa. Mazzani e Layrisse (1998) avaliaram a composição química de diferentes cultivares de gergelim e observaram que há variação na composição química deste alimento, com variação de lipídios entre 40 e 60% e proteína entre 17 e 29%, o que explica as diferenças encontradas entre os produtos analisados e as comparações com diversos estudos.

Em relação à proteína, houve diferença significativa entre as médias das sementes de gergelim branco e negro, sendo 20,62% e 17,11%, respectivamente. De acordo com a variação encontrada por Mazzani e Layrise (1998), os nossos achados estariam próximos desta quantidade e a semente de gergelim branco com valor aproximado da Tabela de Composição de Alimentos - Taco (2011).

De acordo com a Taco (2011), a semente de gergelim possui 21,2 g de proteína, 50,4 g de lipídios e 21,6 g de carboidratos. A Taco não especifica qual seria a cor, tipo ou variedade da semente analisada.

Em relação à umidade e às cinzas, a semente de gergelim branca apresenta baixo teor de umidade (4,52%) e baixo teor de cinzas (4,47%) quando comparado com dados da Taco (2011). Em estudos que analisaram a composição química, Queiroga et al. (1998) encontraram 5,65% de umidade na semente de gergelim branco e 5,50% na semente de gergelim negro. Costa et al. (2007) encontraram variações de umidade entre 4,31% e 4,96%. Queiroga et al. (2010) analisaram sementes de gergelim de Campina Grande, na Paraíba, e encontraram 5,65% de umidade no gergelim branco e 5,50% no gergelim preto e 5,34% de cinzas no branco e 6,25% no gergelim preto. Os achados neste estudo de umidade e cinzas se aproximam dos estudos anteriores, porém, são mais elevados do que os apresentados pela Taco (2011).

Em relação à farinha de gergelim, Finco et al. (2011) encontraram 7,23 % de umidade e 6,12% de cinzas. A umidade encontrada na farinha de gergelim desengordurada neste estudo foi inferior ao encontrado por Finco et al. (2011) e as cinzas se aproximaram. De acordo com os nossos achados, a farinha de gergelim desengordurada apresentou-se em conformidade com a legislação em relação ao padrão de identidade e qualidade, com 4,16% de umidade. A Anvisa determina valor de umidade de até 15% (BRASIL, 2005).

Essas diferenças encontradas entre estudos e tabela de composição de alimentos quando comparadas aos achados deste trabalho podem ser explicadas pela grande variação

encontrada de gergelim em diferentes locais de cultivo deste alimento. Essa diversidade em relação à sua origem faz com que os componentes do gergelim sofram grandes variações (SILVA et al., 2011). De acordo com Yermanos et al. (1972), os teores de óleo e proteína podem variar de 41 a 63% e de 17 a 32%, respectivamente, dependendo da origem da semente e sua variedade. Antoniassi et al., (2013) relataram também que alguns estudos mostram essa variação com teor de óleo variando de 35 a 57% e de proteína com variação de 17 a 30%.

Were et al. (2005) realizaram análises de teores de lipídios em diferentes cultivares de gergelim no Kenya e na Turquia por três anos consecutivos e verificaram que há grande variação entre as espécies e o local de origem. No Kenya, houve variação de 28,7% a 51% e na Turquia de 47 a 61% na quantidade de lipídios, o que mostra que as condições ambientais e as diferentes espécies de gergelim também influenciam na composição química deste.

Em relação ao teor de fibras e de acordo com a legislação que preconiza que um alimento será fonte de fibras se apresentar no mínimo 2,5 g de fibras alimentares totais por porção do produto (BRASIL, 2012), podemos dizer que o gergelim negro é considerado fonte de fibras alimentares, com 4,15g de fibras por porção (15g de semente), principalmente fibra insolúvel, e com quantidades muito baixas de fibra solúvel. A semente de gergelim negro apresenta maior concentração de fibra total/100g, sendo praticamente toda ela de fibra insolúvel (27,71%), seguido da farinha de gergelim e, com menor concentração de fibras, a semente de gergelim branco.

Silva et al (2011) encontraram valores próximos em relação à semente de gergelim negro (22,23g/100g) de fibras insolúveis e concentrações baixas de fibras solúveis (1,95mg/100g).

Esses resultados sugerem que o gergelim possua maior teor de fibras insolúveis, sendo, portanto, importante na melhoria do funcionamento intestinal (RODRIGUEZ et al., 2003), principalmente com o consumo do gergelim negro diariamente.

A recomendação de consumo diário de fibras de acordo com as DRIs (IOM, INSTITUTE OF MEDICINE, 2005) é de 30 a 38 g para homens e de 21 a 25g para mulheres, enquanto que a Anvisa recomenda 25 g por dia (BRASIL, 2003). A semente de gergelim negro é a que possui o maior teor de fibras insolúveis. A porção deste produto alimentício é de 1 colher (sopa), correspondente à 15g, contendo, portanto, 4,15g de fibras insolúveis, sendo este o total de fibras, uma vez que não há fibras solúveis no gergelim negro. Dessa forma, consumindo-se 2 colheres (sopa) diariamente de semente de gergelim negro (8,31 g de fibras), conseguirá atingir 33,25% do valor diário recomendado pela Anvisa (BRASIL, 2003), 27,7% para homens e 39,57% para mulheres da recomendação mínima da DRI (IOM, 2005).

Confirmamos no nosso estudo que tanto as sementes quanto o óleo de gergelim bruto são importantes fonte de ácidos graxos, principalmente os insaturados, com destaque para o ácido graxo monoinsaturado oleico (QUEIROGA et al., 2007; QUEIROGA et al., 2008). Isso foi comprovado neste estudo, uma vez que tanto as sementes quanto o óleo de gergelim bruto apresentaram excelentes quantidades deste ácido graxo. A farinha de gergelim apresentou menores valores, devido ao fato de ser desengordurada.

Em relação ao óleo, observamos que este, além de apresentar excelente padrão de identidade e qualidade, de acordo com a RDC 482/1999, também apresentou ótimo perfil de ácidos graxos, estando de acordo com o que é preconizado pela RDC (BRASIL, 1999c).

Na literatura, foram encontrados dois estudos que analisaram alguns ácidos graxos no óleo de gergelim. Antoniassi et al., (2013), que analisaram o perfil de ácidos graxos de óleo de gergelim de duas regiões distintas, Patos, na Paraíba, e em Bartalha, no Ceará e encontraram diferenças significativas nas médias dos valores de ácidos graxos entre as duas regiões e Guimarães et al. (2013) que caracterizaram o perfil de ácidos graxos de óleos de linhaça e gergelim para posterior ensaio biológico em ratos.

Antoniassi et al. (2013) encontraram valores médios de 55,98% de lipídios nas sementes de gergelim provenientes de Barbalha e 49,64% nas de Patos. Valores um pouco diferentes do nosso estudo, onde encontramos variação de 29,53 a 45,77%. Para o óleo de gergelim, encontraram variações também para os ácidos graxos insaturados: 37,43% a 39,80%, sendo valores mais próximos ao nosso estudo (35,32%); para o ácido graxo linoleico, variação de 43,66% a 46,94%, com valores também próximos ao encontrados em nossas análises (47,62%) e não foram encontrados teores de ácido graxo linolênico. Essas variações podem ser encontradas devido a diferenças de genótipos das sementes, além de distintas condições climáticas, maturação da planta e época de colheita (EGBEKUN; EHIEZE, 1997).

Guimarães et al. (2013), compararam o perfil de ácidos graxos de óleo de gergelim e óleo de linhaça e observou que o óleo de gergelim possui maior concentração de ácido graxo saturado palmítico, enquanto que o óleo de linhaça possui maior quantidade de ácido graxo saturado esteárico. Em relação aos ácidos graxos insaturados, os dois óleos são importantes fontes, sendo que o óleo de gergelim é mais rico em ácido graxo monoinsaturado oleico e ácido graxo poli-insaturado linoleico (ômega-6), enquanto que o óleo de linhaça é mais rico em ácido graxo poli-insaturado linolênico (ômega-3). Comparando estes resultados com os encontrados em nosso estudo, encontramos valores mais altos de ácido graxo oleico (35,32%) comparados aos 28,59%; de ácido graxo linoleico, encontramos 47,62%, enquanto Guimarães et al. (2013) acharam valor inferior ao nosso (28,35%). Ao compararmos o óleo de linhaça ao

nosso estudo, observamos que este apresenta valores inferiores de ácido graxo oleico (17,97%) e ácido graxo linoleico (12,25%) e alta concentração de ômega-3 (39,90%), enquanto em nosso estudo verificamos que o óleo de gergelim tem baixo teor neste ácido graxo (1,25%).

Além disso, o óleo de gergelim é fonte de ácidos graxos monoinsaturados, enquanto que o óleo de linhaça é rico em ácidos graxos poli-insaturados. No entanto, destaca-se que tanto o óleo quanto a farinha e a semente possuem ômega-6 em maior concentração do que a linhaça. De acordo com a RDC 482/1999, o óleo de gergelim é fonte de ácidos graxos oleico e linoleico e apresenta baixos teores de ácido graxo linolênico (BRASIL, 1999c).

Em relação aos ácidos graxos saturados, o gergelim possui quantidade significativa de ácidos graxos palmítico e esteárico. Antoniassi et al. (2013) encontraram valores maiores que o nosso para o ácido graxo esteárico, no óleo de gergelim (5,36% e 5,74%) e para o ácido graxo palmítico (10%) nas duas regiões analisadas.

Em relação aos efeitos dos ácidos graxos saturados no perfil lipídico e nos fatores de risco cardiovascular, sabe-se que o ácido graxo láurico poderá aumentar a LDL-c, assim como o ácido graxo mirístico. Essa metanálise mostrou ainda que o ácido graxo esteárico pode provocar pequena redução na LDL-c (MICHA; MOZAFFARIAN, 2010). O primeiro ácido graxo não foi encontrado no gergelim e o segundo em pequenas quantidades em todos os produtos e, no óleo de gergelim, se apresentou dentro do preconizado pela legislação (BRASIL, 1999c). O ácido esteárico está presente no gergelim, de acordo com os resultados apresentados em nosso estudo.

Outro dado importante em relação aos ácidos graxos poli-insaturados no gergelim é a razão ômega-6/ômega-3 encontrada no óleo que foi de 38:1, uma vez que o gergelim é rico em ômega-6 e tem pouca quantidade de ômega-3. Comparando essa relação com o óleo de linhaça, observa-se que a linhaça por ser mais fonte de ômega-3 e baixo teor de ômega 6, possui uma relação menor, 0,31, como relatado por Guimarães et al. (2013), que em seu estudo, achou uma razão ainda maior (97,8) do que nas nossas análises para o óleo de gergelim. Essa relação é relatada pela I Diretriz Sobre Consumo de Gordura e Saúde Cardiovascular, onde se discute sobre o papel desta relação na dieta sobre às doenças cardiovasculares, uma vez que é considerada de muita controvérsia (SANTOS et al., 2013). Devido a mudanças significativas na alimentação em relação à ingestão de ácidos graxos, houve aumento de consumo de cereais, grãos e óleos fontes de ômega 6, além de uma redução no consumo de alimentos fontes de ácidos graxos ômega 3. Com isso, essa relação é de 15:1 até 40:1 na alimentação ocidental (SIMOPOULOS, 2002; SIMOPOULOS, 2006). Santos et al

(2013) relata que esse aumento elevaria a formação de fatores inflamatórios relacionados com obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares. Porém, se de um lado existem evidências substanciais sobre a relação do aumento de consumo de alimentos fontes de ômega-3 e à proteção cardiovascular, por outro lado, não existem evidências científicas de que a redução do ômega-6, apenas, faria com que o risco de surgimento de doenças cardiovasculares diminuísse (HARRIS et al., 2009). Além disso, ambos ácidos graxos apresentam benefícios na saúde cardiovascular e são considerados ácidos graxos essenciais (LIOU et al., 2007; LANDS, 2012).

Importante destacar que apesar do gergelim ser mais rico em ômega 6 do que em ômega 3, é um alimento rico em ácido graxo monoinsaturado oleico, presente tanto nas sementes de gergelim negro e branco quanto no óleo de gergelim bruto.

Dietas contendo ácidos graxos monoinsaturados tornam a LDL menos suscetível à oxidação, podendo resultar na inibição do processo aterogênico (REAVEN et al., 1994). Uma revisão sistemática e de metanálise de estudos epidemiológicos e ensaios randomizados controlados mostrou que a aderência ao padrão alimentar, como a dieta do mediterrâneo, apresenta efeitos de proteção cardiovascular e é conhecido que esta dieta se caracteriza pelo elevado consumo de ácidos graxos monoinsaturados (KASTORINI et al., 2011).

Em ensaio biológico em ratos, aqueles alimentados com óleo de linhaça apresentaram efeitos hipocolesterolêmicos melhores quando comparados aos alimentados com óleo de gergelim. Porém, os níveis de HDL-c diminuíram nos ratos alimentados com óleo de linhaça, quando comparados aos ratos que consumiram óleo de gergelim (GUIMARÃES et al., 2013).

De acordo com as recomendações da I Diretriz sobre consumo de gorduras e saúde cardiovascular (SANTOS et al., 2013), o consumo de gorduras saturadas, monoinsaturadas e poli-insaturadas deverá ser, respectivamente, <7%, 20% e de 6 a 10% do valor calórico total da dieta. As DRIs recomendam a ingestão diária dos ácidos graxos essenciais linoleico, de 14 a 17g para homens e 11 a 12 g para mulheres e, linolênico 1,1 g para mulheres e 1,6g para homens (IOM, 2005). Os ensaios clínicos que utilizaram óleo de gergelim em suas populações (SANKAR et al., 2005; SANKAR et al., 2006a, SANKAR et al., 2006b e SANKAR et al., 2001), recomendaram a utilização de 35 g de óleo por dia, e encontraram efeitos benéficos na saúde humana. Essa quantidade, representaria, aproximadamente, 2 + ½ colheres (sopa) de óleo de gergelim bruto. Nessa quantidade, encontramos 16,67 g de ácido graxo linoleico e 0,44 g de ácido graxo linolênico, atingindo, portanto, a recomendação diária de ácido linoleico para homens.

## 7.2 Micronutrientes: minerais e vitaminas

De acordo com os resultados apresentados, o gergelim se apresentou como fonte importante de minerais e vitaminas, principalmente cálcio, magnésio, cobre e vitamina E.

Estudo que avaliou a composição mineral de sementes de gergelim branco e negro observou que a semente de gergelim negro é a principal fonte de cálcio quando comparado à semente de gergelim branco (QUEIROGA et al., 2010). Os valores encontrados foram acima dos achados neste trabalho, onde a média de teor de cálcio na semente de gergelim negro foi de 983,25 mg/100g, sendo que uma das marcas comerciais apresentou teores acima de 1000 mg (1008 mg/100g), a semente de gergelim branco (756,50 mg/100g) e a farinha de gergelim (802 mg/100g). Porém, de acordo com a Taco (2011), a semente de gergelim (não se sabe se branca ou negra) apresenta 825 mg de cálcio por 100g, portanto, com valores mais próximos ao encontrado no nosso estudo.

Esses achados sobre a grande quantidade de cálcio no gergelim confirmam que a semente de gergelim é uma importante fonte de cálcio de origem vegetal, de acordo com o que foi relatado por Namiki (1995; 2007).

Sabe-se que a recomendação diária de cálcio para mulheres é de 1000 mg por dia e para homens de 800 mg (IOM, 2011). A porção de 2 colheres (sopa) ao dia de semente de gergelim negro, como a principal fonte de cálcio dentre os tipos de gergelim, forneceria 294,97 mg de cálcio, o que corresponde a aproximadamente 30% da recomendação diária de cálcio para mulheres e, 37% para homens. Desta forma, em dietas vegetarianas ou em indivíduos que necessitem de uma ingestão maior de cálcio, acrescentar gergelim, pode ser uma forma interessante de fornecimento de cálcio.

Porém, é importante destacar, que as sementes de um modo geral são fontes de ácido fítico, que, de acordo com Cozzolino (2012) poderá influenciar na biodisponibilidade deste mineral, atrapalhando sua completa absorção pelo organismo. Boland et al. (1975) encontraram 5,18% de ácido fítico em sementes de gergelim. A presença de oxalato também é um fator que poderá prejudicar essa absorção. Poneros-Schneier e Erdman Jr. (1989) observaram que, apesar da grande quantidade de ácido fítico e oxalato presentes na semente de gergelim, esta apresentou 65% de biodisponibilidade de cálcio.

Em um estudo, autores concluíram que a semente de gergelim negro é fonte de fitatos, oxalato, além de ser importante fonte de fibras (KAMCHAN et al., 2004), comprovado também nas análises realizadas, onde observamos que a semente de gergelim negro é a

principal fonte de fibras dentre os produtos de gergelim analisados. Esses compostos poderão limitar a biodisponibilidade de cálcio de alimentos de origem vegetal (KAMCHAN et al., 2004). As fibras solúveis e insolúveis afetam negativamente a absorção deste mineral enquanto que o consumo de fruto-oligossacarídeos (FOS), em estudo com ratos (MOROHASHI et al., 1998) e inulina, em estudo com adolescentes (ABRAMS et al., 2007) mostraram aumento na absorção de cálcio, pela fermentação e produção de ácidos graxos de cadeia curta.

Para estimular o consumo de cálcio vegetal como a principal fonte deste mineral na dieta, é importante estimular o consumo diário de alimentos fontes de FOS e inulina, associados ao gergelim, para melhor absorção deste mineral, tais como: cebola, banana, alho, banana-verde, raiz de chicória, alho-poró (FILISSETTI et al., 2012).

No entanto, apesar da biodisponibilidade de cálcio ser menor em fontes vegetais, incluindo o gergelim, é importante ressaltar a importância existente na relação entre cálcio e magnésio.

A razão de Ca/Mg de 2:1 foi relatada por Durlach (1989). Os níveis de cálcio intracelular precisam ser equilibrados com níveis de magnésio. Dessa forma, se houver alta ingestão de cálcio e baixo de magnésio, seja por fontes alimentares ou suplementos, por um período muito prolongado, poderá haver desequilíbrio celular e fisiológico entre estes minerais (ROSANOFF et al., 2012).

De acordo com a Taco (2011), em 100g de semente de gergelim estão presentes 361 mg de Mg, o que confirma nossos achados de que o gergelim é fonte deste mineral. A farinha de gergelim foi a que apresentou o valor mais próximo, até mesmo ultrapassando essa quantidade (388 mg/100g). A DRI para população adulta é de 350 mg, diariamente, para homens e 265 mg para mulheres (IOM, 1997). Duas colheres (sopa) ao dia de farinha de gergelim, aproximadamente 30g, forneceria 116,4 mg de Mg, atingindo 33,25% e 43,9% da recomendação diária para homens e mulheres, respectivamente.

O Mg, assim como o cálcio, é fundamental para a saúde óssea e um estudo com ratos demonstrou que a deficiência de Mg poderá estimular produção de citocinas inflamatórias, o que causaria um aumento de reabsorção óssea (RUDE et al., 2009). Desta forma, a presença dos nutrientes em quantidades adequadas no mesmo alimento seria extremamente benéfica à saúde óssea.

O gergelim apresentou baixo teor em zinco, manganês e potássio, com exceção do óleo de gergelim com 16% de potássio e, boa quantidade de magnésio e cobre, sendo a farinha de gergelim a mais rica nestes minerais. Magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco (Zn) são

minerais importantes no sistema de defesa antioxidante do nosso organismo, impedindo ou controlando a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) por serem constituintes importantes na ação da enzima superóxido dismutase (SOD) e, portanto, estariam associados na melhora do estresse oxidativo (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). Além disso, estudos mostram que o magnésio participa de vários processos metabólicos, incluindo a regulação e secreção da insulina, importantes no metabolismo da glicose (ELIN, 1994). Figueiredo e Modesto-Filho (2008) observaram que 30g por dia de farinha de gergelim desengordurada contribuíram para a redução da glicemia em diabéticas tipo 2. De acordo com nossos estudos, a farinha de gergelim foi considerada a principal fonte de magnésio quando comparadas às sementes.

A farinha de gergelim poderá ser considerada fonte de cobre. As recomendações de RDA para homens e mulheres são de 900 mcg (IOM, 2002) e o consumo de 30g/dia de farinha de gergelim (654 mcg) alcançaria 72,67% da recomendação diária. A legislação diz que se houver no mínimo 15% da DRI, o produto é considerado fonte do mineral analisado (BRASIL, 2012).

Em relação ao zinco, não foram encontrados outros estudos que analisaram o seu teor no gergelim e seus produtos. Em nosso estudo, a farinha de gergelim apresentou o maior teor de zinco quando comparado às sementes. Porém, consumindo-se, 30 g de farinha de gergelim, chegaria-se a menos de 1% da recomendação diária para zinco (IOM, 2001), tanto para homens (11 mg/dia) quanto para mulheres (8 mg/dia), sugerindo, portanto, que o gergelim não seria considerado a principal fonte de zinco.

Outro nutriente importante em relação à defesa antioxidante, é a vitamina E (BIANCHI; ANTUNES, 1999), sendo responsável por inibir ou reduzir os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (EROs) (KOURY; DONANGELO, 2003). Dessa forma, o gergelim poderá estar associado com a melhoria do estresse oxidativo como mostram alguns ensaios clínicos, principalmente com o óleo de gergelim, a principal fonte de vitamina E, uma vez que a farinha e as sementes não são fontes deste micronutriente. É importante destacar que o óleo de gergelim apresentou maior eficácia em relação aos outros produtos de gergelim (farinha e semente), mostrando-se eficiente no aumento das substâncias antioxidantes enzimáticas e não-enzimáticas e nos marcadores de estresse oxidativo, tanto em hipertensos (SANKAR et al. 2005; SANKAR et al., 2006a; SANKAR et al., 2006b) quanto em população diabética tipo 2 (SANKAR et al., 2011). Isso pode ser explicado pelo fato do óleo de gergelim apresentar maior teor de vitamina E do que a farinha e as sementes. Em estudo que analisou o teor de vitamina E, observou-se que o gergelim tem como principal componente, o gama-

tocoferol, indicando variações nas sementes de gergelim de alfa-tocoferol de 0,034-0,175 mcg / g da amostra e de gama-tocoferol e 56,9 - 99,3 mcg / g (WILLIAMSON et al., 2008). Nosso estudo analisou apenas alfa-tocoferol.

Guinaz et al. (2009) analisaram o teor de vitamina E em óleos vegetais e observaram que o óleo de canola apresentou o maior teor de alfa-tocoferol (18,39 mg/100mL) quando comparado ao óleo de soja (12,14 mg/100 mL) e ao óleo de oliva extra-virgem (14,05mg/100mL). Nossos achados encontraram 28,34 mg/100mL de vitamina E no óleo de gergelim, mostrando que este apresenta maior teor de vitamina E quando comparado aos óleos vegetais analisados por Guinaz et al. (2009). Sabe-se que são adicionados compostos químicos antioxidantes nos óleos vegetais, a fim de inibir ou retardar a oxidação lipídica destes. Os antioxidantes sintéticos mais comuns usados pela indústria de alimentos são: BHA, BHT, PG e TBHQ e, entre os antioxidantes naturais, os tocoferóis são os mais utilizados (RAMALHO; JORGE, 2006). O óleo de gergelim bruto utilizado neste trabalho não teve acréscimo de antioxidantes naturais ou sintéticos, de acordo com informações do rótulo do produto.

Em estudo que avaliou a atividade antioxidante de extrato metanólico de gergelim em óleo de soja e girassol, observou-se que este reduziu significativamente o índice de peróxido nos óleos vegetais estudados, além de indicar que baixas concentrações de extrato de gergelim apresentaram melhor efeito antioxidante quando comparado ao uso de BHT (SUJA et al., 2004).

De acordo com os ensaios clínicos que utilizaram óleo de gergelim em suas populações (SANKAR et al., 2005; SANKAR et al., 2006a, SANKAR et al., 2006b e SANKAR et al., 2001), a recomendação seria de 35 g por dia e encontrar efeitos benéficos à saúde humana. Essa quantidade, representaria, 2 + ½ colheres (sopa) de óleo de gergelim bruto, analisado em nosso estudo, que possui 9,92 mg de vitamina E, o que corresponde a 66,13% da recomendação diária desta vitamina, que é de 15 mg/dia para homens e mulheres (IOM, 2000). Dessa forma, podemos dizer que o óleo de gergelim é fonte de vitamina E, uma vez que a legislação determina que atingindo-se no mínimo de 15% da DRI de vitamina, o produto é considerado fonte deste nutriente (BRASIL, 2012). Sabe-se que para atingir essa recomendação é necessário consumir alimentos ricos em ácidos graxos insaturados, ou seja, uma alimentação rica em óleos e sementes (HORWITT, 2001; TRABER, 2001).

### 7.3 Padrão de identidade e qualidade do óleo de gergelim bruto.

De acordo com a Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999 (BRASIL, 1999c), óleo de gergelim é “o óleo comestível obtido de semente de *Sesamum indicum* L. através de processos tecnológicos adequados” e óleo de gergelim bruto é o “óleo obtido pelo processo de extração”. O óleo que foi analisado neste trabalho é caracterizado como óleo de gergelim bruto, prensado a frio, não refinado e extra-virgem, de acordo com informações do fabricante contidas no rótulo do produto. O processo de extração deste tipo de óleo, de acordo com Queiroga e Silva (2008) é realizado diretamente nos grãos inteiros, por meio de 4 etapas: torrefação dos grãos, cozimento com vapor, prensagem e filtragem.

Em relação ao óleo de gergelim, muitos estudos mostraram os benefícios que este apresentou na saúde humana, melhorando perfil lipídico, pressão arterial e estresse oxidativo (SANKAR et al., 2005; SANKAR et al., 2006a; SANKAR et al., 2006b; SANKAR et al., 2011, KARATZI et al., 2012a, KARATZI et al., 2012b) e, de acordo com os resultados apresentados, observou-se que o óleo de gergelim apresentou excelente padrão de identidade e qualidade, de acordo com a legislação vigente, devido aos seus adequados índices de acidez e peróxido (BRASIL, 1999c), indicando apresentar maior conservação, baixa rancificação e estabilidade oxidativa adequada.

A oxidação lipídica pode causar deterioração e perda de qualidade do produto, resultando em sabores e odores desagradáveis para o alimento, além de alterações na qualidade nutricional, na cor, no aroma e na textura. Esse processo pode causar degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, além de afetar a integridade do produto alimentício, tornando-o impróprio para o consumo (BUCKLEY et al., 1995; RAMALHO; JORGE, 2006). Alguns compostos externos como luz, temperatura e tempo de estocagem também interferem nesta qualidade (BATISTA et al. 2007).

A estabilidade oxidativa é fundamental para garantir a não oxidação, mantendo a qualidade dos mesmos. Compostos presentes em alimentos, como a vitamina E possuem ação antioxidante e ajudam a evitar esse processo oxidativo (BATISTA et al., 2007). A vitamina E possui capacidade antioxidante e por ser uma vitamina lipossolúvel evita a deterioração lipídica (BUCKLEY et al., 1995).

Portanto, é muito importante essa garantia de estabilidade oxidativa encontrada no óleo bruto de gergelim. O índice de peróxido adequado, que é o indicador importante do

processo oxidativo, e com valores dentro do que é preconizado pela Anvisa (BRASIL, 1999c), irá garantir a qualidade do óleo.

Essa baixa oxidação do óleo de gergelim pode ser explicada pela presença de vitamina E encontrada no óleo em nosso estudo, além de seus antioxidantes naturais, como a sesamina e a sesamolina, fazendo com que este seja o óleo vegetal mais resistente à oxidação e com baixa rancificação (QUEIROGA e SILVA, 2008). São antioxidantes que pertencem à família das lignanas que garantem maior estabilidade aos ácidos graxos insaturados (BELTRÃO e VIEIRA, 2001) com alta atividade antioxidante (NAMIKI, 2007). O óleo de gergelim apresentou maior estabilidade oxidativa quando comparado ao óleo de linhaça (GUIMARÃES et al., 2013), o que pode ser explicado pela presença de antioxidantes naturais, como a sesamina, sesamol e sesamolina, lignanas específicas do gergelim (QUEIROGA et al., 2007; QUEIROGA et al., 2008, PATHAK et al., 2014), além da presença de vitamina E.

Moazzami et al., (2006) analisou o teor das lignanas em sementes e óleo de gergelim e observou que os principais componentes são a sesamina (8,80 mg/g de semente e 6,20 mg/g de óleo) e a sesamolina (4,50 mg/g de semente e 2,45 mg/g de óleo), não tendo diferenças significativas, de acordo com os autores, entre a semente branca e a negra. Outro estudo que analisou a presença de sesamina em sementes de gergelim encontrou 6,25 mg/g (WILLIAMSON et al., 2008).

Os vegetais que possuem essas propriedades antioxidantes evitam a oxidação dos lipídios, garantindo vantagens nutricionais e a manutenção de suas propriedades sensoriais (BUCKLEY et al., 1995).

A presença de vitamina E e das lignanas, com alto potencial antioxidante, faz com que o óleo de gergelim apresente estabilidade oxidativa adequada.

#### **7.4 Avaliações Microbiológicas**

As análises microbiológicas mostraram que todos os produtos analisados apresentaram-se em conformidade com os padrões legais vigentes (BRASIL, 2001), estando em condições adequadas sob o ponto de vista sanitário; e, portanto, próprios para o consumo humano.

Vale ressaltar que apesar de a farinha de gergelim e a semente de gergelim branco terem apresentado crescimento de bolores e leveduras, estão dentro dos limites para ingestão. A legislação brasileira não estabelece parâmetros de fungos para esses produtos; no entanto, Silva Jr. (2005) considera que uma contagem de bolores e leveduras de até  $10^5$  UFC/g é satisfatória para alimentos.

Considerando que a farinha de gergelim, bem como as sementes de gergelim branco e negro serão consumidos diretamente ou utilizados como ingredientes de preparações culinárias, deve-se observar a importância de boas práticas durante a manipulação e conservação desse tipo de produto alimentício. Além disso, os fatores ambientais, tais como: umidade relativa, microbiologia da água e temperatura, assim como fatores intrínsecos como pH, acidez e atividade de água, também desempenham um papel fundamental na qualidade microbiológica do produto acabado, o que pode comprometer o tempo de prateleira dos alimentos industrializados (NOVELLO; POLLONIO, 2012).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gergelim se mostrou fonte importante de vários nutrientes, de acordo com os resultados encontrados em nossos estudos. A caracterização de tipos diferentes de gergelim, assim como seus diferentes produtos, comparando-os, nutricionalmente, foi fundamental para se estabelecer um padrão nutricional de cada um destes alimentos e ser possível escolher, dentre as suas características químicas, o de melhor aplicabilidade clínica para determinadas situações na saúde. O perfil nutricional traçado da farinha de gergelim e das diferentes sementes de gergelim (branco e negro), além de caracterizar o óleo de gergelim como ótimo padrão de identidade e qualidade mostra a relevância de se estudar a caracterização química de um alimento tão rico nutricionalmente e com possíveis propriedades funcionais. Porém, nenhum estudo afirma que o gergelim é um alimento funcional, apesar de suas inúmeras propriedades benéficas à saúde humana, como visto até aqui através deste estudo.

A Anvisa determina que para um alimento ter alegações de propriedades funcionais é necessário ter uma determinada quantidade de nutrientes por porção do alimento (BRASIL, 2008). Dentre os nutrientes que a Anvisa preconiza, em relação às análises do gergelim para verificar a possibilidade deste ter essas alegações, são o ômega-3 e as fibras. Em relação ao ômega-3, já foi visto que o gergelim tem baixa quantidade deste nutriente e em relação às fibras, é fonte de fibras insolúveis, principalmente o gergelim negro.

De acordo com os rótulos dos produtos adquiridos para esta pesquisa, a porção recomendada de consumo de gergelim é de 1 colher (sopa) o que corresponde a 15g do alimento. Assim, em 15 g de cada produto analisado teremos as seguintes concentrações de fibra total: semente de gergelim negro (4,15g), farinha de gergelim (2,05g) e semente de gergelim branco (1,71g). A Anvisa determina que para o alimento ter a alegação de propriedade funcional em relação ao teor de fibra no produto, é necessário que a porção do produto pronta para o consumo forneça no mínimo 3 g de fibras se o alimento for sólido (BRASIL, 2008). Assim, podemos sugerir que a semente de gergelim negro por conter na porção 4,15 gramas de fibras, quantidade superior ao que a legislação determina, teria alegação de propriedades funcionais. Porém, a farinha de gergelim e a semente de gergelim branco não apresentariam as mesmas propriedades, por conterem quantidades de fibras na porção inferiores a 3g.

Em relação à aplicabilidade clínica, de acordo com os resultados observados, o consumo de gergelim poderá ser estimulado por se fonte importante de ácidos graxos

insaturados e vitamina E. Ensaios clínicos realizados com gergelim já mostravam seus efeitos no perfil lipídico, pressão arterial e estresse oxidativo. Os resultados destes estudos podem ser explicados pela composição de ácidos graxos insaturados presente no gergelim e o teor de fibras insolúveis. Além disso, a concentração de vitamina E no óleo de gergelim faz com que esse atue na melhoria do estresse oxidativo, evitando ou diminuindo a formação de EROs e auxiliando na melhoria do perfil lipídico.

O “leite” de gergelim negro apresentou baixas concentrações de todos os nutrientes analisados e, portanto, optamos por não dar continuidade às análises. Esses achados podem ser explicados pelo fato de após triturar a semente em água, ser necessário coar e ficar apenas o líquido, o que faz com que haja perda de muitos nutrientes. É importante repensar na forma de orientação em relação ao consumo de “leites” de sementes e no termo “leite” para vegetais, onde, possivelmente, a melhor nomenclatura poderia ser extrato aquoso de sementes de gergelim.

## CONCLUSÃO

Nosso estudo caracterizou a composição nutricional de diferentes produtos de gergelim e, conforme apresentamos nos nossos resultados, a farinha, as sementes de gergelim negro e branco e o óleo de gergelim apresentaram boas quantidades dos nutrientes estudados.

O gergelim é considerado um alimento de valor nutricional importante para a saúde, com bons teores de proteínas, carboidratos e alto teor lipídico. Quando comparamos as diferentes marcas de sementes, observamos que há diferenças entre elas, assim como existem diferenças entre as sementes de gergelim branco, negro, a farinha e o óleo de gergelim.

Cada um destes produtos de gergelim se apresentou como principal fonte de um determinado nutriente. O gergelim negro foi considerado a principal fonte de cálcio e a farinha a principal fonte de cobre e magnésio. A vitamina E está presente no óleo de gergelim e em poucas quantidades na farinha e nas sementes. Observou-se que o gergelim possui fibras insolúveis e o gergelim negro pode ser considerado fonte deste nutriente, pois apresentou maior teor de FAI, dentre os outros produtos, sugerindo que possua alegações de propriedades funcionais. Os produtos de gergelim possuem maior quantidade de ácido graxo monoinsaturado oleico, quando comparado aos outros ácidos graxos. O “leite” de gergelim apresentou baixo valor nutricional em todas os nutrientes analisados, sugerindo que não seria a melhor forma de consumo.

De um modo geral, com os achados de nosso estudo, podemos dizer que os principais nutrientes encontrados no gergelim são o cálcio, o magnésio, a vitamina E, as fibras insolúveis, e os ácidos graxos monoinsaturado oleico (ômega-9) e poli-insaturado linoleico (ômega-6).

O óleo e a farinha de gergelim apresentaram padrão de identidade e qualidade em conformidade com a legislação. O primeiro, devido aos adequados índices de peróxido e de acidez, indicando ser um óleo com boa estabilidade oxidativa e baixa rancificação; e, o segundo, devido ao teor de umidade estar em conformidade com a legislação.

Em relação às análises microbiológicas, a farinha e as sementes de gergelim apresentaram-se próprias para o consumo, sugerindo que as marcas estudadas apresentam condições satisfatórias de boas práticas de fabricação, garantindo qualidade microbiológica destes produtos.

Este estudo poderá contribuir na aplicabilidade clínica, pois demonstrou que o gergelim possui características químicas e microbiológicas importantes e adequadas à saúde humana, com alto valor nutricional e com possíveis alegações de propriedades funcionais.

## REFERÊNCIAS

AOAC. Associations of official analytical chemists. *Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists*. 18. ed., 2005. method 996.06 p. 20-25

AOAC. Association of oficial analytical chemists. *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists*. Arlington: AOAC cap. 33. (method 920.39, C). p.10-1, 1995

AOAC. Associations of official analytical chemists. *Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists*. 14. ed., 1984. p. 164.

AOAC. Association of official analytical chemists. *Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (method 900.02)*. Arlington: A.O.A.C., 1996 chapter 44. p. 3.

ABOU-GHARBIA, H.A.; SHAHIDI, F. Effects of processing on oxidative stability of sesame oil extracted from intact seeds. *Journal of the American oil chemists' society*, Champaign, v. 74, p. 215-221, 1997

ABRAMS, S.A.; GRIFFIN, I.J.; HAWTHORE, K.M. Young Adolescents Who Respond to an Inulin-Type Fructan Substantially Increase Total Absorbed Calcium and Daily Calcium Accretion to the Skeleton. *J. Nutri.*, v.137, n.11, p. 2524-2526, 2007

ABREU, C.L.M.; ARRIEL, N.H.C.; PARO, H.; BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, O.R.R.F. *Diretrizes técnicas para o cultivo do gergelim no estado de mato Grosso*, 2011.

ALIPOOR, B.; HAGHIGHIAN, M.K.; SADAT, B. E.; ASGHARI, M. Effect of sesame seed on lipid profile and redox status in hyperlipidemic patients. *Internation Journal of Food Sciences and Nutrition*, Irã, v.63, n.6, p. 674-678, Setembro, 2012

ALVES, J. R. Comercialização do gergelim. In: \_\_\_\_\_. *O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro*. Cap. 17., 2013.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION - ADA. Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *Journal of the American Dietetic association*. 2009.

ANTONIASSI, R.; ARRIEL, N.H.C.; GONÇALVES, E.R.; FREITAS, S.C.; ZANOTTO, D.L.; BIZZO, H.R. Influência das condições de cultivo na composição das sementes e do óleo de gergelim. *Rev. Ceres. Viçosa*. v.60, n.3, p. 301-310, 2013

APHA. American Public Health Association. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 677 p.

ARRIEL, N.H.C.; FIRMINO, P.T.; BELTRÃO, N.E.M.; SOARES, J.J.; ARAÚJO, A.E.; SILVA, A.C.; FERREIRA, G.B. *A cultura do gergelim*. Brasília: EMBRAPA, 2007. 72p.

- BATISTA, E.S.; COSTA, A.G.V.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Adição da vitamina E aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana. *Nutr., Campinas*. v.20, n.5, p. 525-535, 2007
- BARROS, M.A.L.; SANTOS, R.F. *Situação do Gergelim nos Mercados Mundial e Nacional, 1995 a 2002*. EMBRAPA-CNPA, Campina Grande. 2002. 8p. (Circular Técnico, 67). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/19613/1/CIRTEC67>>.pdf Acesso em 19 de maio de 2015
- BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 2001. 348 p.
- BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev. Nutr.* v. 12n. 2, p. 123-130, 1999
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* v.37, n.8, p.911-917, 1959
- BOLAND, A.R., GARNER, G.B., O'DELL, B.L. Identification and properties of "phytate" in cereal grains and oilseed products. *J Agric Food Chem.* V. 23, n. 6, p. 1186-1189, 1975
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 ementa não oficial*: Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria, 1999a
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999 ementa não oficial*: Aprova o Regulamento Técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem, 1999b
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro de 1999*. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras Vegetais, 1999c
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001*. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária *Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 ementa não oficial*: Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional, 2003
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005*. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, 2005

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos*. Atualizado em julho de 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos/Assuntos+de+Interesse/Alimentos+Com+Alegacoes+de+Propriedades+Funcionais+e+ou+de+Saude/Alegacoes+de+propriedade+funcional+aprovadas>>. Acesso em 15 de maio de 2015

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012*. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar, 2012. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981f1e1c116238c3b/Resolucao+RDC+n.+54\\_2012.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/630a98804d7065b981f1e1c116238c3b/Resolucao+RDC+n.+54_2012.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em 13 de julho de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia Alimentar para a População Brasileira Brasil*. 2. ed. – Brasília, 2014. Disponível em: <[http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira.pdf)>. Acesso em 15 de maio de 2015

BRIGELIUS-FLOHÉ, R.; KELLY, F.J.; SALONE, J.T.; NEUZIL, J.; ZINGG, J.M.; AZZI, A. The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.76, n. 4, p. 703-716, 2002.

BUCKLEY, D.J.; MORRISEY, P.A.; GRAY, J.L. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.*, v. 73, n.10, p. 3122-3130, 1995

BUDOWSKI, P.; MARKLEY, K.S. The Chemical and Physiological properties of Sesame Oil. *Chem. Rev.*, v.48, n.1, p. 125-151, 1951

CHEN, P.R.; CHIEN, K.L.; SU, T.C.; CHANG, C.J.; LIU, T.L.; CHENG, H.; TSAI, C. Dietary sesame reduces serum cholesterol and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolemia. *Nutrition Research*, Taiwan, v.25, p. 559-567, 2005.

COONEY, R.V.; CUSTER, L.J.; OKINAKA, L.; FRANKE, A.A.; Effects of dietary sesame seeds on plasma tocopherol levels. *Nutrition and Cancer*, v.39, n.1, p. 66-71. 2001.

COSTA, M.L.M.; GONDIM, T.M.S.; ARAÚJO, I.M.S.; MILANI, M.; SOUSA, J.S.; FEITOSA, R.M. Características físico-químicas de sementes de genótipos de gergelim. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, supl. 1, p. 867-869, 2007

COULMAN, K.D.; LIU, Z.; MICHAELIDES J.; HUM, W. Q.; THOMPSON L.U.; Fatty acids and lignans in unground whole flaxseed and sesame seed are bioavailable but have minimal antioxidant and lipid-lowering effects in postmenopausal women. *Mol. Nutr.Food. Res.*, Canadá, v.53, p. 1366-1375, 2009

DURLACH, J. Recommended dietary amounts of magnesium: Mg RDA. *Magnes Res.*, v.2, n.3, p. 195-203, 1989

EGBEKUN, M.K.; EHIEZE, M.U. Proximate composition and functional properties of fullfat and defatted benissed (*Sesamum indicum* L.) flour. *Plant Foods Human Nutrition*, v.51, p.35-41, 1997

ELIN, R.J. Magnesium: the fifth but forgotten electrolyte. *American Journal of Clinical Pathology*, Philadelphia, v.102, n.5, p.616-622, 1994.

FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Rev Ass Med Brasil*, v. 43, n.1, p.61-68, 1997

FIGUEIREDO, A.S.; MODESTO-FILHO, J. Efeito do uso da farinha desengordurada do *Sesamum indicum* L. nos níveis glicêmicos em diabéticas tipo 2. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.18, p.77-83, 2008.

FILISSETTI, T. M. C. C.; LOBO, A. R.; COLLI, C. Fibra alimentar e seu efeito na biodisponibilidade de minerais. In: COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de Nutrientes*. 4. Ed. cap. 9, p. 251-294, 2012

FINCO, A.M.O.; GARMUS, T.T.; BEZERRA, J.R.M.V.; CÓRDOVA, K.R.V. Elaboração de iogurte com adição de farinha de gergelim. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v.7, n.2, p. 217-227, 2011.

FIRMINO, P.T. Caracterização química de semente de gergelim (*Sesamum indicum* L.) BRS 196 (CNPA G-4). EMBRAPA-CNPA, Campina Grande.. 2p. (Instrução Técnica, 117), 2001

FIRMINO, P.T.; ARRIEL, N.H.C.; ARRUDA, T.A.; ANTUNES, R.M.P. Valor protéico do grão, importância na alimentação humana e aplicações na fitoterapia e fitocosmética. In: BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, D.J. (Ed.). *O agronegócio do gergelim no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.303-325.

FRANÇA, K.B.; ALVES, M.R.; SUTOA, F.M.S.; TIZIANE, L.; BOAVENTURA, R.F.; GUIMARÃES, A.; ALVES JR, A. Peroxidação lipídica e obesidade: Métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. *J Port Gastreterol.*, v. 20, p. 199-206, 2013.

FRANCO, B.D.G.M. Importância dos microrganismos nos alimentos. In. FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos Alimentos*. Cap. 1, p. 1-12, Atheneu, 2008.

GAGLIARDI, A.C.; MARANHÃO, R. C.; SOUSA, H.P.; SCHAEFER, E.J.; SANTOS, R.D.. Effects of margarines and butter consumption on lipid profiles, inflammation markers and lipid transfer to HDL particles in free-living subjects with the metabolic syndrome. *Eur J Clin Nutr.* , v.64, n.10, p. 1141-1149, 2010

GHAFOORUNISSA; HEMALATHA, S.; RAO ,M.V. Sesame lignans enhance antioxidant activity of vitamin E in lipid peroxidation systems. *Mol Cell Biochem*, v. 262, n.1-2, p. 195–202, 2004.

GUIMARÃES, R.C.A.; MACEDO, M.L.R.; MUNHOZ, C.L.; FILIU, W.; VIANA, L.H. V.T.; NOZAKI; HIANE, P.A. Sesame and flaxseed oil: nutritional quality and effects on serum lipids and glucose in rats. *Food Sci. Technol*, Campinas, v.33, n.1, p. 209-217, Jan.-Mar, 2013

GUINAZ, M.; MILAGRES, R.C.R.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M.; CHAVES, J.B.P. tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos. *Quim. Nova.*, v.32, n.8, p. 2098-2103, 2009

HARRIS, W.S.; MOZAFFARIAN, D., RIMM, E., KRIS-ETHERTON, P., RUDEL, L.L., APPEL, L.J.. Omega-6 fatty acids and risk for cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association Nutrition Subcommittee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation*. V. 119, n.6, p. 902-907, 2009

HORWITT, M.K. Critique of the requirement for vitamin E. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 73, n.6, p. 1003-1005, 2001

HOSKINS, J. K. Most probable numbers for evaluation of Coli aerogenes test by fermentation tub method. *Pul. Hlth Rep*. V.49, p. 393-405, 1934.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/gergelim.php>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. V., p. 27-28. São Paulo: IMESP, 1985<sup>b</sup>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. V.1, p. 44-45 São Paulo: IMESP, 1985<sup>c</sup>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ . *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, V.1. 4.ed. São Paulo: PROL, 2005. p. 118-119

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos*. IV Edição. 1ª edição Digital, 2008

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos, 3. ed., v.1, p.21-22, 1985<sup>a</sup>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed., 2005. p. 740.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. DRI: *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride*, 1997. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/recommended\\_intakes\\_individuals.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/recommended_intakes_individuals.pdf)> Acesso em 16 de junho de 2015.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. DRI: *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*, 2000. Disponível em: <[http://iom.edu/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/DRI\\_Vitamins.pdf](http://iom.edu/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/DRI_Vitamins.pdf)>. Acesso em 15 de junho de 2015

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. DRI: *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*, 2001. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/RDA\\_AI\\_vitamins\\_elements.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf)>. Acesso em 15 de junho de 2015

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE: DRI. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*, 2005. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/macronutrients.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/macronutrients.pdf)> Acesso em 6 de junho de 2015.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. DRI: *Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium*, 2011. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/estimated\\_average\\_requirements.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/estimated_average_requirements.pdf)> Acesso em 7 de junho de 2015.

KAMCHAN, A.; PUWASTIEN,P.; SIRICHAKWAL, P.P.; HONGKACHUICHAIR. In vitro calcium bioavailability of vegetables, legumes and seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*.v.17, p.311-320, 2004

KANG, M.H.; NAITO, M.; TUJIHARA, N.; OSAWA, T. Sesamol inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. *J. Nutr.*, v.128, p. 1018-1022, 1998

KARATZI, K.; STAMATELOPULOS, M.L.; MANTZOURATOU, P.;SKALIDI, S.; ZAKOPOULOUS, N.; PAPAMICHAEL, C.; SIDOSSIS, L.S. Acute and long-term hemodynamic effects of sesame oil consumption in hypertensive men. *The journal of Clinical Hypertension*, v.14, n.9, 2012a

KARATZI, K.; STAMATELOPULOS, M.L.; MANTZOURATOU, P.;SKALIDI, S.; ZAKOPOULOUS, N.; PAPAMICHAEL, C.; SIDOSSIS, L.S. Sesame oil consumption exerts a beneficial effect on endothelial function in hypertensive men. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2012b

KASTORINI, C.M.; MILIONIS, H.J.; ESPOSITO, K., GIULIANO, D., GOUDEVENOS, J.A.; PANAGIOTAKOS, D.B. The effect of Mediterranean diet on metabolic syndrome and its components: a meta-analysis of 50 studies and 534,906 individuals. *J Am Coll Cardiol*. V.57, n.11, p.1299-1313, 2011.

KHANAL, R.C.; NEMERE, I. Regulation of intestinal calcium transport. *Ann. Rev. Nutr.*, v.28, p. 179-196, 2008

KOURY, J.C.; DONANGELO, C.M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. *Rev. Nutr.Campinas*. v. 16, n.4, p. 433-441, 2003

LANDS, B. A critique of paradoxes in current advice on dietary lipids. *Prog. Lipid.Res.*, v. 47, n.2, p. 77-106, 2008

LAW, M. R. Plant sterol and stanol margarines and health. *Br Med J* , v. 320, p. 861-864, 2000

LEE, J.Y.; CARR, T.P. Dietary fatty acids regulate acyl-CoA: cholesterol acyltransferase and cytosolic cholesteryl ester hydrolase in hamsters. *J Nutr.*, v.134, n.12, p.3239-3244, 2004

LIU, Y.A.; KING, D.J.; ZIBRIK, D.; INNIS, S.M. Decreasing linoleic acid with constant alpha-linolenic acid in dietary fats increases (n-3) eicosapentaenoic acid in plasma phospholipids in healthy men. *J Nutr.* v. 137, n.4, p. 945-952, 2007

MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Magnésio. In: COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de Nutrientes*. Cap. 26 p.629-644, 2012

MAZZANI, E.; LAYRISSE, A. Características químicas del grano de cultivares de ajonjolí seleccionados de la colección venezolana de germoplasma. *Agronomia Trop.* v.58, n.1, p, 5-18, 1998

MENSINK, R.P.; ZOCK, P.L.; KESTER, A.D.; KATAN, M.B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr.* v. 77, n.5, p.1146-1155, 2003

MICHA, R.; MOZAFFARIAN, D. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. *Lipids.* v. 45, n.10, p. 893-905, 2010

MOAZZAMI, A.A.; ANDERSSON, R.E.; KAMAL-ELDIN, A. HPLC analysis of sesaminol glucosides in sesame seeds. *J Agric Food Chem.* v. 54, n.3, p. 633-638, 2006

MOROHASHI, T.; SANO, T.; OHTA, A.; YAMADA, S. True calcium absorption in the intestine is enhanced by fructooligosaccharide feeding in rats. *J. Nutr.*, v. 128, p. 1815, 1818, 1998

MYAWAKI, T.; AONO, H.; TOYODA-ONO, Y.; MAEDA, H.; KISO, Y.; MORIYAMA, K. Antihypertensive effects of sesamin in humans. *J. Nutr.Sci. Vitaminol.Japão*, v.55, p. 87-91, 2009.

NAMIKI M. The chemistry and physiological functions of sesame. *Food Reviews International.* v.11, n.2, p.281-329. 1995.

NAMIKI, M. Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, n.7, p. 651-673, 2007.

NAKAI, M.; HARADA, M.; NAKAHARA, K. Novel antioxidative metabolites in rat liver with ingested sesamin. *J Agric Food Chem.*, v. 51, p.1666-1670, 2003

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Caracterização físico-química e microbiológica da linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.). *Rev Inst Adolfo Lutz*, v.71, n.2, p. 291-300, 2012

OLIVEIRA, D.M.; FIRMINO, P.T.; MARQUES, D.R.; KWIATKOVSKI, A.; MONTEIRO, A.R.G.; SILVA, A.C.; SOUSA, J.S. Caracterização físico-química dos co-produtos (óleo e

torta) do gergelim cv. CNPA-G4. *Revista Tecnológica, edição especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos*. P.37-42, 2011

PATHAK, N.; RAI, A.K.; KUMARI, R.; BHAT, K.V. Value addition in sesame: A perspective on bioactive componentes for enhancing utility and profitability. *Pharmacogn Rev.*, v.8, n.16, p.147-155, 2014

PEDROSA, L.F.C.; COMINETTI, C.; BUENO, R.B.; COZZOLINO, S.M.F. Cobre. In: COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de Nutrientes*. Cap. 28, p.675-694, 2012

PONEROS-SCHNEIER, G.; J.W.ERDMAN JR. Bioavailability of Calcium from Sesame Seeds, Almond Powder, Whole Wheat Bread, Spinach and Nonfat Dry Milk in Rats. *Food Science V. 54*, p. 150–153, 1989

QUEIROGA, V. P. SILVA, O.R.R.R.F. Tecnologias utilizadas no cultivo do gergelim mecanizado. Embrapa-Centro nacional de Pesquisa de Algodão, Campina Grande. 142 p, *Documentos 203*, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22120/1/DOC203.pdf>>. Acesso em 16 de maio de 2015.

QUEIROGA, V. P.; DURAN, J. M.; SANTOS, J. W. dos; QUEIROGA, D. A. N. Efeito do recobrimento de sementes de algodão sobre sua qualidade fisiológica. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.11, n. 3, p.131-137, set./dez. 2007.

QUEIROGA, V.P.; FIRMINO, P.T. FREIRE, R.M. et al. Composição Química de sementes de gergelim de diferentes cores. *IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas*, João Pessoa, PB. p. 1998-2003, 2010

QUEIROGA, V.P.; BORBA, F.G.; ALMEIDA, K.V.; SOUSA, W.J.B.; JERÔNIMO, J.F.; QUEIROGA, D.A.N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. *Revista Agro@ambiente On-line*. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR v. 4, n. 1, p. 27-33, 2010. Disponível em: [www.agroambiente.ufrr.br](http://www.agroambiente.ufrr.br). Acesso em: janeiro de 2015

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Quim. Nova.*, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006

REAVEN, P.D.; GRASSE, B.J.; TRIBBLE, D.L. Effects of linoleate-enriched and oleate-enriched diets in combination with alpha-tocopherol on the susceptibility of LDL and LDL subfractions to oxidative modification in humans. *Arterioscler Thromb.* v. 14, n.4, p.557-566, 1994

RICCI, A.B.; GROTH, D.; LAGO, A.A. Densidade de plantas, secagem e produção de sementes de gergelim cv. IAC-CHINA. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n. 1, p.82-86, 1999

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington DC: ILSI Press, 2001.

RODRIGUEZ, S.M.B.; MEGIAS, S.M.; BAENA, B.M. Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? *Rev. Esp. Salud Publica.* v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003

ROSANOFF, A; WEAVER, C.M.; RUDE, R.K. Suboptimal Magnesium Status in the United States: Are the Health Consequences Underestimated? *Nutrition Reviews*, v. 70, n.3, p. 153–164, 2012

RUDE, R.K.; SINGER, F.R. GRUBER, H.E. Skeletal and hormonal effects of magnesium deficiency. *J. Am. Coll. Nutr.*, v.28, n.2, p.131-141, 2009

SANKAR, D.; ALI, A.; SAMBANDAM, G.; RAO, R.; Sesame oil exhibits synergistic effect with anti-diabetic medication in patients with type 2 diabetes mellitus. *Clinical Nutrition*, Índia, v. 30, p. 351-358, 2011

SANKAR, D.; RAO, R.; SAMDANDAM, G.; PUGALENDI, K.V. Modulation of blood pressure, lipid profiles and redox status in hypertensive patients taking different edible oils. *Clinica Chimica Acta*, Índia, v.355, p. 97-104, 2005

SANKAR, D.; RAO, R.; SAMDANDAM, G.; PUGALENDI, K.V. A pilot study of open label sesame oil in hypertensive diabetics. *Journal of Medicinal Food*, v. 9, n. 3, p. 408-412, 2006a

SANKAR, D.; RAO, R.; SAMDANDAM, G.; PUGALENDI, K.V. Effect of sesame oil on diuretics or beta-blockers in the modulation of blood pressure, anthropometry, lipid profile, and redox status. *Yale Journal of Biology and Medicine*, Índia, v. 79, p. 19-26, 2006b

SANT'ANNA, L.S. Biodisponibilidade de Lipídios In: Biodisponibilidade de Nutrientes, COZZOLINO, S.M.F. 4. ed. cap. 8, p. 227-250, 2012

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER, H.T. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. *Arq. Bras. Cardiol.* V.100, supl. 3, p.1-40, 2013

SCHROEDER, N.; MARQUAT, L.F.; GALLAHER, D.D. The role of viscosity and fermentability of dietary fibers on satiety and adiposity related hormones on rats. *Nutrientes*, v.5, p. 2093-2113, 2013

SIMOPOULOS, A.P. The importance of the ratio of omega-6/ omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother.* V. 56, n.8, p.365-379, 2002

SIMOPOULOS, A.P. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/ omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomed Pharmacother.* V. 60, n.9, p. 502- 507, 2006.

SILVA, A. G. H.; PIRES, L. V.; COZZOLINO, S. M. F. Cálcio. In: COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de Nutrientes.* Cap. 24, p.579-611, 2012

SILVA, E.R.; MARTINO, H.S.D.; MOREIRA, A.V.B.; ARRIEL, N.H.C.; SILVA, A.C.; RIBEIRO, S.M.R. Capacidade antioxidante e composição química dos grãos integrais de gergelim creme e preto. *Pesq. Agropec. Bras.* V.46, n.7, p. 736-742, 2011

SILVA Jr, E.A. Critérios Microbiológicos para interpretação de Laudos. In: \_\_\_\_\_. *Manual de Controle Higiênico-Sanitário em Serviço de Alimentação*. Cap. 2, p.84-91, 2005

SOUZA, W.A.; VILAS BOAS, O.M.G. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. *Revista Panamericana de Salud Pública*. v. 12, n.3, 2002

SUJA, K.P.; ABRAHAM, J.T.; JAYALEKSHMY, A.; ARUMUGHAN, C. Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. *Food Chemistry*, v.84, p. 393-400, 2004

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. p. 1 -161. Disponível em: <www.unicamp.br/nepa/taco>. Acesso em: 10 de maio de 2015.

TIRAPGUI, J.; CASTRO, I.A.; ROSSI, L. Biodisponibilidade de proteínas. In: COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de Nutrientes*. Cap. 6, p.131-192, 2012

TRABER, M.G. Vitamin E: too much or not enough? *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 73, n. 6, p. 987-998, 2001

TRAUTWEIN, E.A.; DUCHATEAU, G.S.; LIN, Y.G.; MEL'NIKOV, S.M.; MOLHUIZEN, H.O.F.; NTANIOS, F.Y. Proposed mechanisms of cholesterol-lowering action of plant sterols. *Eur J Lipid Sci Technol*. v. 105, p.171-85, 2003

VALTUEÑA, S.; PELLEGRINI, N.; FRANZINI, L.; BIANCHI, M.A.; ARDIGÒ, D.; DEL RIO D.; PIATTI, P.M.; SCAZZINA, F.; ZAVARONI, I.; BRIGHENTI, F. Food selection based on total antioxidant capacity can modify antioxidant intake, systemic inflammation, and liver function without altering markers of oxidative stress. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.87, p.1290-1297, 2008.

WEAVER, C.M.; HEANEY, R.P. Isotopic exchange of ingested calcium between labeled sources. Evidence that ingested calcium does not form common absorptive pool. *Calcif.Tissue*. v. 40, n. 4, p. 211-247, 1991

WERE, B.A.; ONKWARE, A.O.; GUDU, S.; WELANDER, M.; CARLSSON, A.S. Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. *Field Crops Research, Elsevier* v. 97, p. 254–260, 2006.

WICHITSRANOI, J.; WEERAPREEYAKUL, N.; BOONSIRI, P.; SETTASATIAN, C.; SETTASATIAN, N.; KOMANASIN, N.; SIRIJAICHINGKUL, S.; TEERAJETGUL, Y.; RANGKADILOK, N.; LEELAYUWAT, N. Antihypertensive and antioxidant effects of dietary black sesame meal in pre-hypertensive humans. *Nutrition Journal, Tailândia*, v.10, 2011.

WILLIAMSON, K.S.; MORRIS, J.B.; PYE, Q.N.; KAMAT, C.D.; HENSLEY, K. A survey of sesamin and composition of tocopherol variability from seeds of eleven diverse sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes using HPLC-PAD-ECD. *Phytochem Anal.* V.19, n.4, p. 311-322, 2008.

WU, W.; KANG, Y.; WANG, N.; JEI, H.; WANG, T.; Sesame ingestion affects, sex hormones, antioxidant status, and blood lipids in postmenopausal women. *American Society for Nutrition*, 2006.

WU, J.H.Y.; HODGSON, J.M.; PUDDEY, I.B.; BELSKI, R.; BURKE, V.; CROFT, K.D.; Sesame supplementation does not improve cardiovascular disease risk markers in overweight men and women. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, Austrália, v. 19, p. 774 – 780, 2009a

WU, J.H.Y.; HODGSON, J.M.; CLARKE, M.W.; INDRAWAN, A.P., BARDEN, A.E.; PUDDEY, I.B.; CROFT, K.D. Inhibition of 20-Hydroxyeicosatetraenoic acid synthesis using specific plant lignans: In vitro and humans studies. *Hypertension*, v.54, p. 1151-1158, 2009b

YAMASHITA, K.; IIZUKA, Y.; IMAI, T.; NAMIKI, M. Sesame seed and its lignans produce marked enhancement of vitamin E activity in rats fed a low alpha-tocopherol diet. *Lipids.*, v.30, p. 1019-1028, 1995

YERMANOS, D.M.; HEMSTREET, S.; SALEEB, W. Oil content of the seed in world collection of sesame introductions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* v. 49, n.1, p. 20-23, 1972.

YUYAMA, L.K.O.; MARINHO, H.A.M.; ALENCAR, F.H.; YONEKURA, L.; COZZOLINO, S.M.F. In: COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de Nutrientes. Vitamina A (retinol) e carotenóides. Cap. 10, p.675-694, 2012

ZOUMPOULAKIS P.; SINANOGLU V.J.; BATRINO A.; STRATI I.F.; MEIMAROGLOU S.M.; SFLOMOS K.; A combined methodology to detect c-irradiated white sesame seed sand evaluate the effects on fat content, physicochemical properties and protein allergenicity. *Elsevier: Food Chemistry.* v. 131, p.713–721, 2011

**APÊNDICE A** - Reagentes utilizados nas análises químicas e /ou nos preparos de soluções no Laboratório de Bromatologia

<b>Reagentes</b>	<b>Marca</b>
Ácido Clorídrico (HCL) P. A.	Vetec
Ácido Nítrico (HNO <sub>3</sub> ) 65%	Vetec
Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (95-99) P.A	Vetec
Álcool Metílico 99,8% (Metanol – CH <sub>4</sub> O) P.A. ACS	Vetec
Clorofórmio P.A. ACS Estabilizado	Vetec
Hidróxido de Sódio Lentilhas (NaOH) P.A.	Vetec
Sulfato de Sódio Anidro (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) P.A.	Vetec
Tiosulfato de Sódio Anidro (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) P.A.	Vetec

**APÊNDICE B** – Reagentes utilizados no preparo de meios de cultura no Laboratório de Microbiologia

<b>Reagentes</b>	<b>Marca</b>
Agar – XLD (Agar xilosa-lisina-desoxicolato para microbiologia)	Merck
Caldo Brila ( <i>BRILA Broth</i> )	Merck
Caldo EC para Microbiologia ( <i>EC broth</i> )	Merck
MOSSEL (=MYP agar)	Merck
Peptone Bacteriological	Kasvi
Potato dextrose-agar	Merck
RAPPAPORT and VASSILIADIS (Caldo RVS)	Merck
SC (Selenito Cistina)	Merck
SS Agar (Salmonella Shigella Agar)	Merck

**APÊNDICE C** – Manuscrito submetido a revista *Journal of Medicinal Food*

**Effects of the intake of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and derivatives on oxidative stress: a systematic review**

Luciana de Almeida Vittori Gouveia<sup>1</sup>, Carolina Alves Cardoso<sup>2</sup>, Glaucia Maria Moraes de Oliveira,<sup>2</sup> Glorimar Rosa<sup>3</sup>, Annie Seixas Bello Moreira<sup>4</sup>

1. *Postgraduate Program of Food, Nutrition and Health/Nutrition Institute, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.*

2. *Postgraduate Program of Medicine/Cardiology, Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil.*

3. *Josué de Castro Nutrition Institute, Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil.*

4. *Nutrition Institute, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.*

**Keywords:** *sesamum*, risk factors, oxidative stress, cardiovascular disease, sesame oil, antioxidants.

**Running title:** Sesame and oxidative stress

**Corresponding author:**

Annie Bello Moreira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, 12º andar, Bloco D,

CEP: 20559-900

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

e-mail: anniebello@gmail.com

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement:** We thank Eliana Rosa da Fonseca for her support in this study.

Authors should disclose the sources of any support for the work, received in the form of grants and/or equipment and drugs. This article received support in the form of grants from FAPERJ, CAPES and FAPERJ – APQ1.

**ABSTRACT:** This study aimed at assessing the scientific evidence on the effect of the intake of sesame seeds and derivatives on oxidative stress of individuals with systemic hypertension, dyslipidemia and type 2 diabetes mellitus. A systematic review was conducted in seven databases (Lilacs, Pubmed, ISI Web of Knowledge, Cochrane Library, Scopus, Trip Data Base and Scielo) from September 2013 to January 2014. Clinical trials on the intake of sesame seeds and derivatives assessing the outcomes related to oxidative stress were retrieved. The risk of bias in the results of the studies selected was assessed according to the criteria of the *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. This review included seven clinical trials showing that the intake of sesame resulted in the increase in

enzymatic and non-enzymatic antioxidants, as well as in a reduction in oxidative stress markers. This was mainly observed with the use of sesame oil for hypertensive individuals and black sesame meal capsules for prehypertensive individuals. Despite the limitations and biases identified in this systematic review, sesame showed relevant effects on oxidative stress, suggesting it could increase antioxidant capacity.

**Keywords:** *sesamum*, risk factors, oxidative stress, cardiovascular disease, sesame oil, antioxidants.

## INTRODUCTION

Sesame (*Sesamum indicum L.*) is mainly composed of fats, being considered a rich source of antioxidants.<sup>1</sup> Sesame belongs to the *Pedaliaceae* family,<sup>2</sup> and, of its nutrients with antioxidant function, vitamin E (alpha-tocopherol) and lignans, such as sesamin, sesamol and sesamol, stand out.<sup>3,4,5,6</sup> It ranks ninth among the worldwide oilseed crops.<sup>7</sup> Its major producers are: India, China, Sudan, Ethiopia, Uganda and Pakistan.<sup>8</sup> In Brazil, the top producing regions are the states of Goiás and Mato Grosso, the Triângulo Mineiro region in the state of Minas Gerais, and the Brazilian Northeastern region.<sup>9</sup>

Some studies have shown that sesame seeds can reduce oxidative stress by modifying the blood content of vitamin C (ascorbic acid) and vitamin E, and by modulating the concentration of antioxidant enzymes [superoxide dismutase (SOD), glutathione (GSH), glutathione peroxidase (GPx), catalase (CAT)], as well as of oxidative stress markers [thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) and malondialdehyde (MDA)].<sup>10,11,12,13,14,15,16,17</sup>

Imbalance between the mechanisms of antioxidant defense and exposure to reactive oxygen species (ROS) induces oxidative stress,<sup>18</sup> and could trigger endothelial dysfunction, systemic hypertension,<sup>19,20</sup> dyslipidemia and atherosclerosis.<sup>21</sup>

This systematic review aimed at assessing the scientific evidence on the effect of the intake of sesame seeds and derivatives on oxidative stress (antioxidant defense system and oxidative stress markers) in individuals with systemic hypertension, dyslipidemia and type 2 diabetes mellitus.

## METHODS

This systematic review of studies retrieved from seven bibliographic sources of information was based on the recommendations of the Cochrane Collaboration.<sup>22</sup>

The research question asked in this systematic review of clinical trials was: “What is the effect of the intake of sesame seeds and derivatives on oxidative stress?”

Two researchers were in charge of the search for articles and their selection, as well as the assessment of the risk of bias in the results of the articles selected.

#### *Search strategy*

The following seven sources of information were used for the bibliographic research of this systematic review: Lilacs, PubMed, ISI Web of Knowledge, Cochrane Library, Scopus, Trip Data Base and Scielo. The bibliographic search began in September 2013, and ended in January 2014. The languages of the articles sought were English, Portuguese and Spanish.

In the site of the Virtual Health Library (BVS), the following keyword descriptors were initially sought in English, Portuguese and Spanish: sesame, flour, risk, lipid profile, cardiovascular, seed, oil, sesame oil and capsule. The following were identified: *sesamum*, flour, risk factors, dyslipidemias, cardiovascular diseases, seeds, oils, sesame oil and capsule.

In the next stage of the search strategy, the following keywords and their synonyms were sought in study titles and abstracts: *Sesamum brasiliensis*, *gergelim-do-Brasil*, sesame, flour, risk factors, dyslipidemias, cardiovascular diseases and lipids.

This review included clinical trials on the intake of sesame seeds and derivatives, which assessed the following outcomes related to oxidative stress: the antioxidant defense system, such as vitamin C, vitamin E, beta-carotene (vitamin A precursor), SOD, GSH, GPx and CAT; and oxidative stress markers, such as TBARS and MDA.

#### *Eligibility criteria*

The inclusion criteria of this systematic review were: clinical trials written in English, Portuguese and Spanish assessing the outcomes of interest, that is, the effect of the intake of sesame seeds and derivatives on oxidative stress.

The exclusion criteria of this systematic review were: letter-type reports; interventions using sesame as an ingredient for cakes or cereal bars; articles with outcomes different from those of interest; and articles in idioms other than those of the inclusion criteria.

#### *Assessment of the risk of bias*

A bias is a systematic error or deviation from the truth, in results or inferences, and can lead to underestimation or overestimation of the true intervention effect.<sup>22</sup>

The risk of bias in the results of the studies selected in this review was assessed by two researchers according to the criteria of the *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, version 5.1,<sup>22</sup> as follows: “low risk”, “high risk” and “unclear risk”. This

systematic review used a standard Cochrane Collaboration's "risk of bias" table with the following features of interest: random sequence generation (selection bias); allocation sequence concealment (selection bias); blinding of participants and personnel (performance bias); blinding of outcome assessment (detection bias); incomplete outcome data (attrition bias); and selective outcome reporting (reporting bias).

The inclusion and exclusion of the articles in this review were based on a consensus achieved by the two researchers.

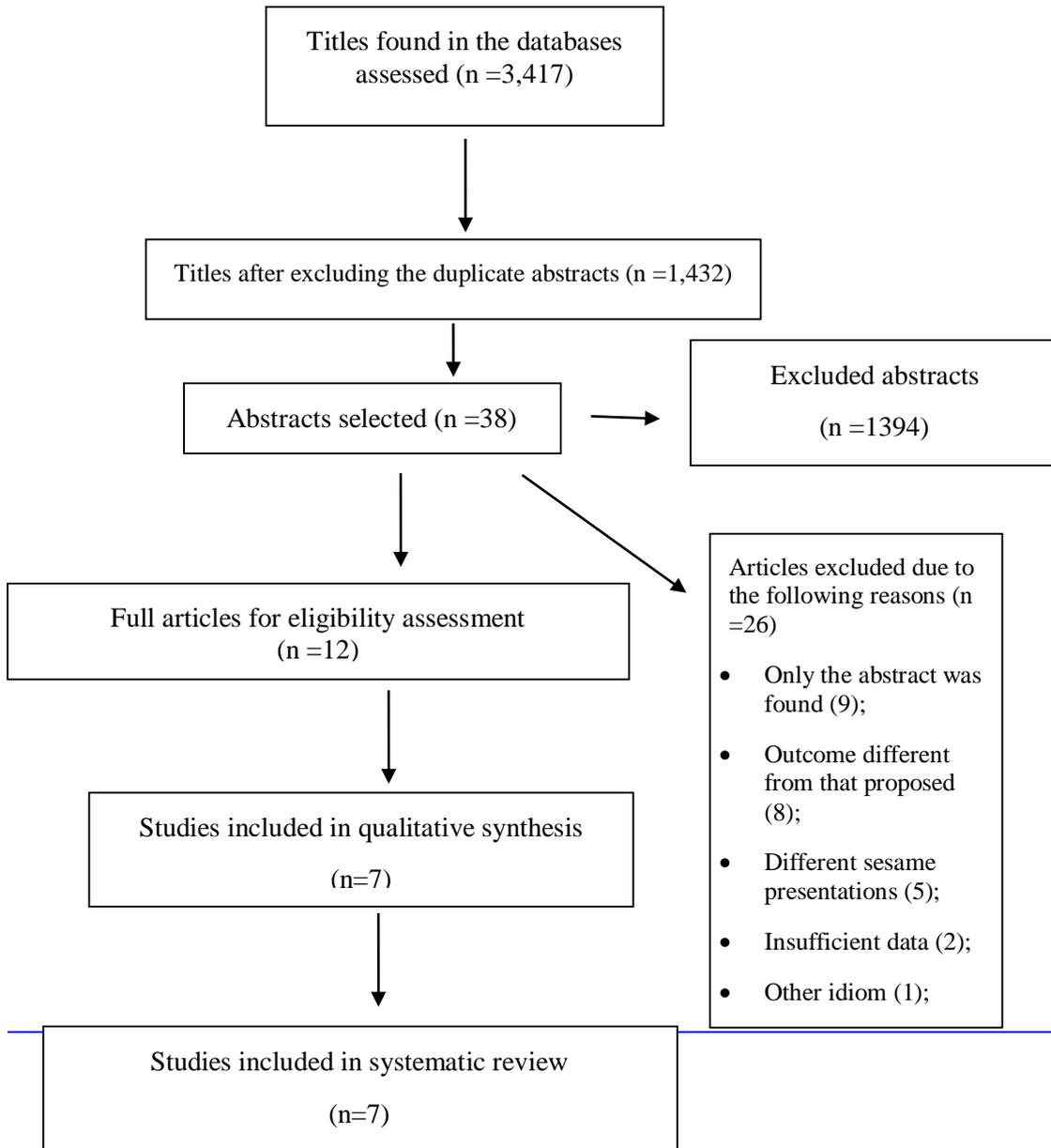
#### *Data collection*

The articles were systematically reviewed regarding the effect of the intake of sesame and its derivatives on the antioxidant defense system and oxidative stress markers in patients with systemic hypertension, dyslipidemia and type 2 diabetes mellitus. The articles selected were organized in tables, and classified according to the populations studied and the outcomes 'antioxidant defense system' and 'oxidative stress markers'. In the 'antioxidant defense system' outcome, antioxidants, such as vitamin C, vitamin E, beta-carotene, SOD, GSH, GPx and CAT were assessed. In the 'oxidative stress markers' outcome, TBARS and MDA were assessed. A meta-analysis could not be performed, because of the great heterogeneity of study designs, interventions and populations.

## **RESULTS**

#### *Search for articles and data collection*

Our search retrieved 3,417 abstracts, of which 1,432 were non-duplicate abstracts. At the end, seven articles with outcomes related to oxidative stress (antioxidant defense system and oxidative stress markers) were selected for this review. Figure 1 depicts the flowchart of the search and selection of the articles for this review



**Figure 1:** Flowchart of the search and selection of the articles.

### *Characteristics of the studies*

Of the 12 full articles assessed for eligibility with oxidative stress as an outcome, five were excluded from the systematic review due to heterogeneity, because they evaluated either healthy populations or different sesame presentations, which made data analysis difficult.

Table 1 shows the major characteristics of the seven clinical trials retrieved, five of which were randomized,<sup>10,11,14,15,16</sup> two were placebo-controlled,<sup>13</sup> and one, double-blind.<sup>13</sup> The sesame presentations in the seven clinical trials were as follows: sesame oil, four studies;<sup>10,11,12,14</sup> sesame flour, one;<sup>16</sup> black sesame meal capsules, one;<sup>13</sup> and white sesame

seeds, one.<sup>15</sup> Most studies used only sesame and its derivatives as dietary supplementation and instructed the participants to maintain their usual diets.<sup>10,11,12,13,14,15</sup> Only the clinical trial with hyperlipidemic individuals recommended a standard diet for two weeks (run-in).<sup>16</sup> Except for one study reporting on 530 participants,<sup>10</sup> the others included a small number of participants.<sup>11,12,13,14,15,16</sup>

#### *Assessment of the risk of bias*

Seven clinical trials assessing the outcome of interest were included for analysis of the risk of bias, by use of a “risk of bias” table (Chart 1).

All studies had at least one item at high risk for bias. Of the seven studies, four were randomized, and three, non-randomized, generating high risk of selection bias. The four randomized clinical trials have not described the method used to generate the randomization sequence and to conceal the allocation sequence.

The lack of blinding was the most common cause of high risk of bias. Only one clinical trial was double-blind, but had no accurate information on the blinding process of participants and personnel, potentially producing biases against the effects of the intervention, generating a high risk for performance and detection biases.

All studies reported the results regarding all outcomes proposed, characterizing low risk for reporting bias.

The feature ‘incomplete outcome data’ could not be observed in the articles selected. Therefore, the risk for attrition bias was unclear.

**Chart 1:** Risk of bias table. Judgement of the authors of this systematic review for each entry in the “risk of bias table” for the seven articles included.

<i>ARTICLES SELECTED</i>	<i>Random sequence generation</i>	<i>Allocation concealment</i>	<i>Blinding of participants and personnel</i>	<i>Blinding of outcome assessment</i>	<i>Incomplete outcome data</i>	<i>Selective reporting</i>
Chen et al., 2005 <sup>16</sup>	-	-	-	-	?	+
Sankar et al., 2005 <sup>10</sup>	?	?	-	-	?	+
Sankar et al., 2006 <sup>11</sup>	?	?	-	-	?	+
Sankar et al., 2006 <sup>12</sup>	-	-	-	-	?	+
Sankaret al., 2011 <sup>14</sup>	-	-	-	-	?	+
Wichistranoiet al., 2011 <sup>13</sup>	-	-	+	?	?	+
Alipooret al., 2012 <sup>15</sup>	?	?	-	-	?	+

Legend: + low risk, - high risk; ? unclear risk

### *Effects of sesame on oxidative stress*

The large majority of the articles selected has assessed the effects of sesame and its derivatives on the following antioxidant parameters: vitamin C;<sup>10,11,12</sup> vitamin E;<sup>11,12,14</sup> beta-carotene;<sup>10,11,12</sup> SOD;<sup>10,11,12,13,14</sup> GSH;<sup>9,10,11</sup> GPx;<sup>9,10,11,13</sup> and CAT.<sup>10,11,12</sup> The oxidative stress markers assessed were TBARS<sup>10,11,12,13,15</sup> and MDA.<sup>13</sup>

Of the seven articles, three have been performed with patients with systemic hypertension.<sup>10,11,12</sup> Those studies have used sesame oil (35g), and reported an increase in seven antioxidants assessed, as well as a reduction in the oxidative stress marker, TBARS (Table 2). In addition, the articles with a 60-day intervention<sup>10</sup> have shown a greater increase in antioxidants, such as vitamin E (90.12% increase) and beta-carotene (112.99% increase), as compared with those with a 45-day intervention.<sup>11,12</sup>

One study with pre hypertensive individuals and using black sesame meal capsules (18 capsules adding up to 7.56g of sesame per day) has reported a 29.93% increase in vitamin E and a 33.33% reduction in MDA<sup>13</sup> (Table 2).

Regarding the dyslipidemic population, two studies assessing the effect of the intake of 40g of sesame flour<sup>16</sup> and 40g of white sesame seed<sup>15</sup> on oxidative stress have been identified. They have shown an increase in enzymatic antioxidants (SOD and GPx)<sup>15</sup> and in the antioxidant capacity,<sup>21</sup> as well as a reduction in oxidative stress markers [LDL TBARS and oxidized LDL (lag phase)]<sup>15</sup> (Table 3).

One study with patients with type 2 diabetes on glibenclamide has shown that the association of glibenclamide with sesame oil is effective to increase the activities of SOD, CAT and GPx, and the plasma levels of vitamins C and E and beta-carotene<sup>14</sup> (Table 3).

**TABLE 1: GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CLINICAL TRIALS INCLUDED IN THE SYSTEMATIC REVIEW**

<i>Population profile</i>	<i>Clinical trial (author, year)</i>	<i>Design/Follow-up</i>	<i>Population (sex/age)</i>	<i>Sesame presentation</i>	<i>Intervention</i>	<i>Diet/Drugs</i>	<i>Statistics</i>	<i>Outcome of interest</i>
<b>Type 2 diabetes</b>	Sankar et al., 2011 <sup>18</sup>	Interventional Parallel Randomized  60 days	28 (F) 32 (M)  n = 36  50±10 years 52±9 years	Sesame oil	Sesame oil + glibenclamide (n=20): 35g of oil for cooking or salad dressing + 5mg of glibenclamide (per day)  Sesame oil (n=18): 35g of oil for cooking or salad dressing (per day)	Usual diet. Hypoglycemic agent at the same dose for at least 4 weeks before the study	Paired Student <i>t</i> test ANOVA Newman-Keuls	Antioxidants
<b>Hyperlipidemia</b>	Alipoor et al., 2012 <sup>19</sup>	Interventional Controlled Randomized	30 (F) 8 (M)  n = 38  50-70 years	White sesame seed	Glibenclamide (n=22): 5mg per day GI (n=19): 40g of white sesame seed/60 days  GC (n=19): drug treatment maintained (not cited in the study)	Usual diet. GI: exclude 240 kcal from the daily diet	<i>t</i> test  Paired <i>t</i> test	Antioxidants and oxidative stress markers
<b>Hyperlipidemia and one obese individual</b>	Chen et al., 2005 <sup>20</sup>	Interventional  10 weeks	15 (F) 6 (M)  n = 21  50.9±3.7 years	Sesame flour	I: 40g of sesame flour/4 weeks  R: standard diet/2 weeks  WF: sesame flour withdrawn and back to usual diet/4 weeks	Instructed to maintain the dietary patterns according to the <i>National Cholesterol Education Program Step I diet</i> guidelines. Six individuals on lipid-lowering drugs.	Linear mixed effect model	Oxidative stress markers
<b>Hypertension (mild to moderate)</b>	Sankar et al., 2005 <sup>13</sup>	Interventional Controlled Randomized  2 months	Middle age  n = 530	Sesame oil	GI: 35g of oil per day/60 days  Sesame oil (n=356) Sunflower oil (n=87) Groundnut oil (n=47)  GC (n=40): Nifedipine + sunflower, sesame or groundnut oil, randomly/60 days	Usual diet: GI instructed to use their respective oils as exclusive oil for cooking or salad dressing. On treatment with nifedipine (20-30 mg/day)	ANOVA and Duncan	Antioxidants and oxidative stress markers

**TABLE 1: GENERAL CHARACTERISTICS OF THE CLINICAL TRIALS INCLUDED IN THE SYSTEMATIC REVIEW (CONTINUATION)**

<i>Population profile</i>	<i>Clinical trial (author, year)</i>	<i>Design/Follow-up</i>	<i>Population (sex/age)</i>	<i>Sesame presentation</i>	<i>Intervention</i>	<i>Diet/Drugs</i>	<i>Statistics</i>	<i>Outcome of interest</i>
<b>Hypertension and diabetes (2 to 3 years)</b>	Sankar et al., 2006 <sup>14</sup>	Interventional Controlled Randomized 90 days	18 (F) 22 (M) n = 40 49-64 years	Sesame oil	I: 35 g of sesame oil for cooking or salad dressing /per day/ 45 days C: 35 g of palm tree oil or groundnut oil/45 days	Usual diet. Use of beta-blockers (atenolol 50-100 mg/day) and sulphonylurea (glibenclamide 10mg/day)	Student <i>t</i> test	Antioxidants and oxidative stress markers
<b>Hypertension (mild to moderate)</b>	Sankar et al., 2006 <sup>15</sup>	Interventional Controlled 90 days	18 (F) 21 (M) n = 50 35 -60 years	Sesame oil	I: 35 g of sesame oil/45 days (exclusively sesame oil) C: back to usual oil/45 days	Usual diet. Instructed to maintain the antihypertensive drugs. Use of diuretics and beta-blockers (hydrochlorothiazide or atenolol for 1 year)	Student <i>t</i> test	Antioxidants and oxidative stress markers
<b>Prehypertension</b>	Wichistrain oi et al., 2011 <sup>17</sup>	Placebo Controlled Double-blind 4 weeks	8 (F) 22 (M) N = 30 49.3±7,7 years 50.3±5,6 years	Black sesame meal capsule	GI (n=15): 18 black sesame capsules (0.42 g of sesame/capsule) per day/4 weeks GP (n=15): 18 capsules (same chemical composition, but without sesame) per day/4 weeks	Usual diet. Instructed to maintain the routine of physical exercises and not to consume vitamin or dietary supplements during the study. No drug that could affect blood pressure	ANCOVA – analysis of covariance Pearson correlation Paired Student <i>t</i> test	Antioxidants and oxidative stress markers

**Legend:** F = female; M = male; I = intervention; P = placebo; C = control; GI = intervention group; GP = placebo group; GC = control group; R = run-in; W = *washout*; WD = *washout* during the study; WF = *washout* at the end of the study; n = number of participants.

**TABLE 2: EFFECT OF THE INTAKE OF SESAME ON ENZYMATIC AND NON-ENZYMATIC ANTIOXIDANTS AND OXIDATIVE STRESS MARKERS OF INDIVIDUALS WITH SYSTEMIC HYPERTENSION**

<i>Sesame presentation</i>	<i>Clinical trial (author, year)</i>	<i>Antioxidants</i>						<i>Oxidative stress markers</i>		
		<i>Vitamin C</i>	<i>Vitamin E</i>	<i>β-carotene</i>	<i>SOD</i>	<i>GSH</i>	<i>GPx</i>	<i>CAT</i>	<i>TBARS</i>	<i>MDA</i>
<b>Sesame oil</b>	Sankar et al., 2005 <sup>10</sup>	↑87.50% After 2 months (p<0.05)	↑90.12% After 2 months (p<0.05)	↑112.99% After 2 months (p<0.05)	↑88.02% After 2 months (p<0.05)	↑36.04% After 2 months (p<0.05)	↑32.23% After 2 months (p<0.05)	↑40.74% After 2 months (p<0.05)	↑52.38% After 2 months (p<0.05)	NA
	Sankar et al., 2006 <sup>11</sup>	↑80.77% After 45 days	↑32.24% After 45 days	↑63.79% After 45 days	↑42.30% After 45 days	↑31.65% After 45 days	NA	↑26.09% After 45 days	↓32.16% - After 45 days	NA
	Sankar et al., 2006 <sup>12</sup>	↑20% After 45 days (p<0.001)	↑25% After 45 days (p<0.001)	↑40% After 45 days (p<0.001)	↑56.67% After 45 days (p<0.001)	↑83.33% After 45 days (p<0.001)	↓12.50% After 45 days (p<0.001)	↑33.52% After 45 days (p<0.001)	↓43.33% after 45 days (p<0.001)	NA
<b>Black sesame meal capsule</b>	Wichistrainoi et al., 2011 <sup>13</sup>	NA	↑29.93% After 4 weeks (p<0.01)	NA	NA	NA	NA	NA	↓33.33% After 4 weeks (p<0.05)	

**Legend:** NA = not assessed; SOD: superoxide dismutase; GSH: glutathione, GPx: glutathione peroxidase; CAT: catalase; TBARS: thiobarbituric acid reactive substance; MDA

**TABLE 3: EFFECT OF THE INTAKE OF SESAME ON ENZYMATIC AND NON-ENZYMATIC ANTIOXIDANTS AND OXIDATIVE STRESS MARKERS OF INDIVIDUALS WITH HYPERLIPIDEMIA AND DIABETES MELLITUS TYPE 2**

**Legend:** NA = not assessed; SOD: superoxide dismutase; GSH: glutathione, GPx: glutathione peroxidase; CAT: catalase; TBARS: thiobarbituric acid reactive substance; MDA: malondialdehyde

<i>Sesame presentation</i>	<i>Clinical trial (author, year)</i>	<i>Antioxidants</i>							<i>Oxidative stress markers</i>
		<i>Vitamin C</i>	<i>Vitamin E</i>	<i>β-carotene</i>	<i>SOD</i>	<i>GSH</i>	<i>GPx</i>	<i>CAT</i>	<i>TBARS</i>
<b>White sesame seed</b>	Alipoor et al., 2012 <sup>15</sup>	NA	NA	NA	↑7.75% After 2 months (p<0.05)	NA	↑5.14% After 2 months (p<0.05)	NA	↓34.48% After 2 months (p<0.05)
<b>Sesame flour</b>	Chen et al., 2005 <sup>16</sup>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	LDL TBARS ↓ 19.4% (after 4 weeks p<0.05)
<b>Sesame oil</b>	Sankar et al., <sup>14</sup> 2011	35% - 40% (p<0.001)	40% - 50% (p<0.001)	40% - 50% (p<0.001)	40% - 50% (p<0.001)	25% - 30% (p<0.001)	35% - 40% (p<0.001)	40% - 45% (p<0.001)	NA

## DISCUSSION

The systematic review of the seven articles selected identified a deficiency in the quality and availability of studies assessing the effects of sesame and its derivatives on oxidative stress. Most studies involved a small number of participants, sample size being considered a limiting factor for this review. In addition, a significant heterogeneity was observed in the type of population studied and the type of sesame and derivatives used, as well as their amount.

The follow-up time was another important factor to establish the most adequate duration of the intervention in the search for positive results to reduce oxidative stress in different populations. However, it was considered a limiting factor, because it varied in the different studies.

The high risk of randomization and blinding biases found in the studies assessed determines lower scientific evidence of the results. The random allocation of participants reduces the risk of bias in a study. The clear explanation of how blinding is performed, as well as of its type, can increase the scientific evidence of the study; in a double-blind trial, for example, both participants and authors ignore the type of intervention used.

The reduced number of articles assessing the effect of sesame in humans, as well as the significant heterogeneity of the studies selected concerning sesame presentation and population type made a meta-analysis impossible.

The antioxidant defense system is divided into the enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems, the latter comprising a large diversity of antioxidants that can have either endogenous or exogenous (from food) origin.<sup>21</sup> The enzymatic system is composed by the enzymes SOD, CAT and GPx, which act via preventive mechanisms, either preventing or controlling the formation of ROS.<sup>23</sup> The non-enzymatic system is formed by dietary antioxidant compounds, such as ascorbic acid, alpha-tocopherol and beta-carotene, in addition to minerals, such as zinc, copper, selenium and magnesium.<sup>24</sup>

The antioxidant defense system is known to inhibit or reduce the damage caused by ROS,<sup>25</sup> and antioxidants act either directly, neutralizing the action of ROS, or indirectly, participating in the enzymatic system.<sup>21</sup>

The studies using sesame oil<sup>10,11,12,14</sup> or black sesame meal capsules<sup>13</sup> have shown an increase in vitamin E levels, which is important to the antioxidant defense system.

Sometimes the acting capacity of antioxidants can be lower than the production of ROS, favoring the oxidation of biomolecules, generating metabolites known as oxidative

stress markers, through the lipid peroxidation process.<sup>26</sup> The major oxidative stress markers are MDA and TBARS.<sup>21,27</sup> Sankar et al. have reported a beneficial effect on lipid peroxidation of hypertensive individuals, with a reduction in TBARS greater than 50% after using sesame oil for two months; that effect on oxidative stress was greater with sesame oil than with ground nut and sunflower oils.<sup>10</sup>

This lipid peroxidation process comprises a chain reaction of polyunsaturated fatty acids of cell membranes that generate free radicals, changing membrane permeability, fluidity and integrity. The formation of ROS is known to be a physiological process; however, in excess, ROS can cause cell damage, predisposing to certain diseases, such as systemic hypertension and dyslipidemias.<sup>26</sup> Studies on sesame oil and reduced levels of oxidative stress markers<sup>10,11,12,14</sup> have reported a decrease in lipid peroxidation, suggesting that such fact could have resulted from the large availability of antioxidants in sesame oil.<sup>29</sup>

Vitamin E, lipid soluble and present in membranes, is one of the antioxidants obtained via food, inhibits lipid peroxidation,<sup>23</sup> and relates to cardiac protection and to a reduction in the incidence of ischemic heart diseases, as reported in a study with rats.<sup>30</sup>

The clinical trials selected in this review reported that sesame intake was effective in reducing oxidative stress, showing, after the sesame intervention, an increase in both enzymatic and non-enzymatic antioxidants of the antioxidant defense system. It is worth noting that the studies on hypertensive populations showed the highest impact on health,<sup>10,11,12,13</sup> sesame oil being more frequently effective than other sesame derivatives. Sesame oil was effective in increasing both enzymatic and non-enzymatic antioxidants and oxidative stress markers in hypertensive<sup>10,11,12</sup> and type 2diabetic populations.<sup>14</sup>

Endothelial damage can be one of the causes of atherosclerosis,<sup>31</sup> being considered the early event in vascular disease.<sup>32</sup> Other studies have reported that sesamin and sesamol in seem to have antioxidant effects, inhibiting lipid peroxidation, in addition to contributing to decrease the endothelial dysfunction originating from ROS formation.<sup>4,33</sup> Studies performed in hypertensive rats have shown that sesamin and sesamol can potentiate the effects of vitamin E, improving endothelial dysfunction, and having a large positive impact on cardiovascular health.<sup>29,34</sup> In two studies, Sankar et al. have reported an increase in vitamin E levels in individuals with hypertension and diabetes using sesame oil, showing the effects of sesamin and sesamol already discussed.<sup>11,14</sup>

It is worth noting that all studies with sesame oil<sup>10,11,12,14</sup> have reported a reduction in oxidative stress, mainly an increase in vitamin E levels, a higher impact being shown in a

study by Sankar et al., in which patients with type 2 diabetes received 35g of sesame oil per day for two months.<sup>14</sup>

Despite the positive results found by using sesame oil, the active components involved in the effect on the antioxidant potential remain unclear.<sup>14</sup> Sankar et al. have reported that the combination of a hypoglycemic agent with sesame oil could be safe and effective in controlling glycemia, suggesting its intake to fight oxidative stress in patients with diabetes.<sup>14</sup>

The study by Wichistranoi et al. has shown the antioxidant capacity of black sesame meal by increasing vitamin E levels in individuals with pre hypertension.<sup>13</sup> That study has suggested the beneficial effects of black sesame meal, contributing to reduce endothelial dysfunction caused by ROS, thus improving hypertension control by increasing the vasodilating factor (nitric oxide).<sup>13,35</sup> The antioxidant potential of black sesame has been observed in a study with a chemical composition of whole grains of white and black sesame.<sup>1</sup> That study has reported that black sesame had a higher antioxidant potential than cream sesame, due to the presence of compounds that can donate hydrogen and neutralize the excess of ROS, showing greater efficacy in the ability to eliminate the ROS, DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl), and to reduce Fe<sup>3+</sup>. In addition, black sesame had a larger number of phenolic compounds than white sesame.<sup>1</sup> In addition, black sesame was effective in reducing MDA levels,<sup>13</sup> considered a potential biomarker of oxidative damage.<sup>36</sup>

## CONCLUSION

Despite the limitations and biases of this systematic review, the studies assessed showed that sesame could have a significant effect on oxidative stress and the antioxidant defense system, being considered a food with an important antioxidant function in the different populations studied (individuals with dyslipidemia, diabetes and hypertension), as well as in its different presentations (oil, seed flour and capsule).

There are few clinical trials assessing the effect of sesame on oxidative stress. The studies included in this review, mainly those with sesame oil and black sesame meal capsules administered to hypertensive and prehypertensive populations, respectively, showed an increase in enzymatic (SOD, GSH, GPx, and CAT) and non-enzymatic antioxidants (vitamin C, vitamin E and beta-carotene), as well as a reduction in oxidative stress markers (TBARS and MDA).

Although several studies have reported that the exact mechanisms of oxidative stress reduction remain to be fully explained, this review showed that sesame can have a significant

positive impact on the health of different populations. Despite the limitations and biases found in this systematic review, the studies showed the significant effect of sesame on oxidative stress and the antioxidant defense system, suggesting that the intake of sesame in its different presentations (oil, flour and capsule) could enhance the antioxidant capacity in the different participants studied (hyperlipidemic, diabetic and hypertensive). However, better-controlled studies still lack to assess the positive effects on different populations.

## REFERENCES

1. Silva, ER, Martino, HSD, Moreira, AVB, Arriel, NHC, Silva, AC, Ribeiro, SMR. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. *Pesq. Agropec. Bras.* 2011, 46, 736-742.
2. Ricci, AB, Groth, D, Lago, AA. Densidade de plantas, secagem e produção de sementes de gergelim cv. IAC-CHINA. *Revista Brasileira de Sementes*, 1999, 21, 82-86.
3. Abou-Gharbia, HA, Shehata, AAY, Shahidi, F., Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*. 2000, 33, 331-340.
4. Cooney, RV, Custer, LJ, Okinaka, L, Franke, AA Effects of dietary sesame seeds on plasma tocopherol levels. *Nutrition and Cancer*, 2011, 39, 66-71.
5. Nakai, M, Harada, M, Nakahara, K. Novel antioxidative metabolites in rat liver with ingested sesamin. *J Agric Food Chem.* 2003, 51, 1666-1670.
6. Yamashita K, Iizuka Y, Imai T, Namiki M, Sesame seed and its lignans produce marked enhancement of vitamin E activity in rats fed a low alpha-tocopherol diet. *Lipids*. 1995, 30, 1019-1028.
7. Firmino, PT. Caracterização química de semente de gergelim (*Sesamum indicum* L.) BRS 196 (CNPA G-4). EMBRAPA-CNPA, Campina Grande. 2p. (Instrução Técnica, 117), 2001
8. FAO (Food And Agriculture Organization Of The United Nations). 2005. Economics and Statistics. Available in: <http://www.fao.org/>. Accessed December 2014.
9. Barros, MAL, Santos, RF, Benati, T, Firmino, PT. Importância Econômica e Social. In: Beltrão, N.E.M.; Vieira, D.J. O Agronegócio do gergelim no Brasil. *EMBRAPA, Brasília. Comunicação para Transferência de Tecnologia*. 2001, 21-35.

10. Sankar, D, Rao, R, Samdandam, G, Pugalendi, KV. Modulation of blood pressure, lipid profiles and redox status in hypertensive patients taking different edible oils. *ClinicaChimicaActa*. 2005, 355, 97-104.
11. Sankar, D, Rao, R, Samdandam, G, Pugalendi, KV. A pilot study of open label sesame oil in hypertensive diabetics. *Journal of Medicinal Food*. 2006, 9, 408-412.
12. Sankar, D, Rao, R, Samdandam, G, Pugalendi, KV. Effect of sesame oil on diuretics or beta-blockers in the modulation of blood pressure, anthropometry, lipid profile, and redox status. *Yale Journal of Biology and Medicine*. 2006, 79, 19-26.
13. Wichitsranoï, J, Weerapreeyakul, N, Boonsiri, P, Settasatian, C, Settasatian, N, Komanasin, N, Sirijaichingku LS, Teerajetgul, Y; Rangkadilok, N; Leelayuwat, N. Antihypertensive and antioxidant effects of dietary black sesame meal in pre-hypertensive humans. *Nutrition Journal*. 2011, 10, 1-7.
14. Sankar, D; Ali, A; Sambandam, G; Rao, R; Sesame oil exhibits synergistic effect with anti-diabetic medication in patients with type 2 diabetes mellitus. *Clinical Nutrition*. 2011, 30, 351-358.
15. Alipoor, B; Haghghian, MK; Sadat, BE; Asghari, M. Effect of sesame seed on lipid profile and redox status in hyperlipidemic patients. *Internation Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2012, 63, 674-678.
16. Chen, PR; Chien, KL; Su, TC; Chang, CJ; Liu, TL; Cheng, H; Tsai, C. Dietary sesame reduces serum cholesterol and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolemia. *Nutrition Research*. 2005, 25, 559-567.
17. Ferreira, ALA.; Matsubara, LS. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Rev Ass Med Brasil*. 1997, 43, 61-68.
18. Núñez-Sellés, AJ. Antioxidant Therapy: Myth or Reality? *J.Brazil.Chem.Soc*. 2005,16, 699-710.
19. Griendling KK; Sorescu D; Ushio-Fukai M. NAD(P)H oxidase: role in cardiovascular biology and disease. *Circ Res*. 2000, 86, 494 –501.
20. Rodrigo R; Prat H; Passalacqua W; Araya J; Guichard C; Bachler JP. Relationship between oxidative stress and essential hypertension. *Hypertens Res*. 2007, 30, 1159–67.
21. Halliwell, B; Whiteman, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br. J. Pharmacol*. 2004, 53, 110-118.

22. Higgins, JPT, Green, S. (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available in: [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org). Accessed in: April/2014.
23. Ferreira, I.C.F.R.; Abreu, R.M.V. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. *Bioanálise*. 2007, ano IV, 2, 32-39.
24. Bianchi, MLP; Antunes, LMG. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev. Nutr.* 1999, 12, 123-130.
25. Koury, JC; Donangelo, CM. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. *Rev. Nutr. Campinas*. 2003, 16, 433-441.
26. Furukawa, S; Fujita, T; Shimabukuro, M; Iwaki, M; Yamada, Y; Nakajima, Y. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J. Clin. Invest.* 2004, 114, 1752-1761.
27. Vincent, HK; Innes, KE; Vincent, KR. Oxidative stress and potential interventions to reduce oxidative stress in overweight and obesity. *Diabetes Obes. Metb.* 2007, 9, 813-819.
28. França, KB; Alves, MR.; Sutoa, FMS; Tiziane, L; Boaventura, RF; Guimarães, A; Alves JR, A. Peroxidação lipídica e obesidade: Métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. *J Port Gastreterol.* 2013, 20, 199-206.
29. Kang, MH; Naito, M; Tujihara, N; Osawa, T. Sesamol inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. *J. Nutr.* 1998, 128, 1018-1022.
30. Vasdev, S, Gill, V, Parai, S, Lomgerich, L, Gadav, V, Dietary vitamin E supplementation lowers blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Mol cell Biochem.* 2002, 238, 111-117.
31. Wajchenberg, BL. Disfunção Endotelial no Diabetes do Tipo 2. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2002, 46, 514-519.
32. Bahia, L; Aguiar, LGH.; Villela, NR; Bottino, D; Bouskela, E. Endotélio e Aterosclerose. *Revista da Socerj.* 2004,17, 26-32.
33. Ito, H, Torri, M, Suzuki, T. Comparative study on free radical injury in the endothelium of SRH and WKY aorta. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 1995, 22, 157-159.
34. Nakano, D, Takaota, M, Kiso, Y, Tanaka, T, Matsumura, Y. Antihypertensive effect of sesamin. *Biol. Phamr.* 2002, 25, 1247-1249.

35. Tomas, SR, Chen, K, Keaney, JF. Oxidative stress and endothelial nitric oxidative bioactivity. *Antioxid. Redox. Signal.* 2003, 5, 181-194.
36. Luz, HKM; Faustino, LW; Manoel, C; Silva, G; Figueiredo, JR. Papel de agentes antioxidantes na criopreservação de células germinativas e embriões. *Acta Scientiae Veterinariae.* 2011, 3, 1-13.