



Estudo dos ácidos graxos e das propriedades antioxidantes de *Oryza sativa* L): arroz bruto, integral, parboilizado e branco comercializados no Brasil e na Itália

Study of fatty acids and antioxidant properties of *Oryza sativa* L.: raw rice, integral, parboiled and white rice marketed in Brazil and Italy

Carolina Krebs de Souza¹

Silvana Licodiedoff²

Fernanda Raquel Wust Schmitz³

Paola Tedeschi⁴

Annalisa Maietti⁵

Sávio Leandro Bertoli⁶

Vincenzo Brandolini⁷

Resumo: O arroz destaca-se como o cereal de maior consumo no mundo por ser fonte de vitaminas, minerais, fibras, compostos bioativos e ácidos graxos insaturados. Partindo deste pressuposto o objetivo deste trabalho foi estudar e quantificar os ácidos graxos, polifenóis totais e a capacidade antioxidante total com os métodos DPPH• (extrato metanólico) e com fotoluminescência (extrato metanólico e lipídico) de amostras de arroz bruto, integral, parboilizado e branco comercializado no sul do Brasil (Vale do Itajaí) e na região do Vale do Pó, no norte da Itália. Os resultados deste trabalho demonstraram que 95% do conteúdo de lipídios totais, nas respectivas tipologias de arroz de ambos os países, é representada pelo ácido palmítico, oleico e linoleico. Em relação ao conteúdo de polifenóis totais, o valor médio máximo obtido foi 477 µg Eq

¹ FURB – Universidade Regional de Blumenau (Brasil)

² FURB – Universidade Regional de Blumenau (Brasil)

³ FURB – Universidade Regional de Blumenau (Brasil)

⁴ UNIFE – Università degli Studi di Ferrara (Itália)

⁵ UNIFE – Università degli Studi di Ferrara (Itália)

⁶ FURB – Universidade Regional de Blumenau (Brasil)

⁷ UNIFE – Università degli Studi di Ferrara (Itália)

g^{-1} para o arroz de ambos os países e os melhores resultados para atividade antioxidante utilizando o método Photochem® com extrato metanólico foi $3,43 \mu\text{M Eq Trolox g}^{-1}$ para as amostras de arroz italiano. Estes resultados indicam que os processos tecnológicos influenciam na qualidade nutricional e funcional do grão de arroz destes países.

Palavras-chave: Ácidos graxos; capacidade antioxidante; fotoluminescência; arroz beneficiado.

Abstract: Rice stands out as the most consumed cereal in the world because it is a source of vitamins, minerals, fiber, bioactive compounds and unsaturated fatty acids. Based on this assumption, the objective of this work was to study and quantify fatty acids, total polyphenols and total antioxidant capacity with the DPPH method (methanolic extract) and photoluminescence (methanolic and lipid extract) in samples consisting of raw, integral, parboiled and white rice marketed in southern Brazil (Vale do Itajaí) and the Vale do Pó region in northern Italy. The results of this work demonstrate that 95% of the total lipid content, in the respective rice typologies of both countries, is represented by palmitic, oleic and linoleic acid. Regarding the total polyphenol content, the maximum average value obtained was 477 mg Eq g^{-1} for rice from both countries and the best results for antioxidant activity using the Photochem® method with methanolic extract was $3,43 \mu\text{M Eq Trolox g}^{-1}$ of sample in Italian rice. These results indicate that the technological processes influence the nutritional and functional quality of the rice grain in these countries..

Keywords: Fatty acids; antioxidant capacity; photoluminescence; rice benefited.

1. Introdução

O arroz é um cereal da família das *Gramíneas*, gênero *Oryza* consumido mundialmente na África, Oriente Médio e América Latina, no qual o Brasil representa o terceiro maior produtor anual com mais de 12 milhões de toneladas (Sellapan *et al.*, 2009; Conab, 2015).

O consumo de arroz compreende uma importante fonte de compostos que nosso organismo não sintetiza, entre estes as vitaminas, minerais, fibras, compostos bioativos e ácidos graxos insaturados, como: ácidos palmítico (16:0), oleico (18:1) - ômega 9 e linoleico (18:2) - ômega 6, correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais do arroz (Walter *et al.*, 2008; Dors, *et al.*, 2009; Monks *et al.*, 2013; Khoei & Chekin, 2015; Yu *et al.*, 2016).

A ingestão de arroz ocorre sob a forma do grão inteiro (integral, parboilizado e branco), farinha e produtos fermentados (Oli *et al.*, 2014). Por tal motivo este cereal é uma alternativa promissora como fonte de energia, nutrientes, compostos bioativos e propriedades antioxidantes importantes para eliminar radicais livres. E o polimento é o processo no qual o grão de arroz é submetido e remove o endosperma, região na qual se concentram os compostos fenólicos tanto na forma solúvel (conjugados a glicosídeos) quanto na forma insolúvel (complexados aos componentes da parede celular) (Zhou *et al.*, 2004; Wojdyło; Oszmainski, 2007; Mira *et al.*, 2008; Palombini *et al.*, 2013; Kesarwani *et al.*, 2014).

O arroz parboilizado apresenta quantidades superiores de alguns nutrientes comparado com o arroz branco, principalmente devido a retenção de minerais e vitaminas solúveis em água. Este tipo de arroz comercial é o preferido pelos consumidores por ser menos pegajoso que o arroz branco e por apresentar melhores propriedades nutricionais comparado ao não parboilizado (Heinemamm *et al.*, 2005; Oli *et al.*, 2014; Min, *et al.*, 2014).

Este produto, independente das condições de processo, está presente na alimentação diária dos consumidores como um importante alimento em dietas saudáveis, ricas em compostos fenólicos, tocoferóis, tocotrienóis e γ -orizanol (Liu, 2007; Gani, *et al.*, 2012; Pascual *et al.*, 2013).

Os benefícios funcionais e nutricionais presentes no arroz estimulam o consumo de arroz integral, pois sua ingestão ajuda a regular e prevenir o risco de doenças crônicas associadas a danos oxidativos, doenças cardiovasculares entre outras doenças. Isto se deve ao teor de tocotrienóis, esteróis e γ -orizanol com elevada atividade antioxidante, propriedades anti-inflamatórias e inibição na formação de tumores (Mira *et al.*, 2008; Butsat, Siriamornpun, 2010; Goufo, Trindade, 2014).

Os métodos para determinar a capacidade antioxidante em diferentes matrizes alimentares são distintos, no entanto requer solventes tóxicos para extrair os compostos

detectados. Neste sentido, o método Photochem® (fotoquimioluminescência), representa uma alternativa por realizar as análises em meio tanto aquoso quanto lipídico. (Oliveira *et al.*, 2009; Mira *et al.*, 2009; Alves *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2013).

Baseado no exposto, este trabalho teve como objetivo estudar o perfil dos ácidos graxos e as características antioxidantes no arroz (*Oryza sativa* L.) bruto, branco, parboilizado e integral comercializado no Brasil e na Itália.

2. Materiais e Métodos

As amostras de arroz italiano (*Oryza sativa* L.), subespécie japônica e classificação superfino, longo foram adquiridas em uma beneficiadora de arroz do Vale do Pó na região de Ferrara, *Emiglia Romagna*. As amostras de arroz beneficiado brasileiro (*Oryza sativa* L.) subespécie *japônica* do tipo 1 - longo fino, foram cedidas por uma beneficiadora de arroz da região do Vale do Itajaí, Santa Catarina.

O estudo experimental foi realizado no Laboratório de Química dos Alimentos, no Departamento de Farmácia da Universidade de Ferrara (UNIFE) e no Laboratório de Processamento de Alimentos, da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

As amostras foram pesadas e previamente trituradas, sendo analisadas em triplicata.

2.1 Determinação dos Ácidos Graxos

Para determinar os ácidos graxos, o conteúdo lipídico foi extraído pelo método Soxhlet AOAC (2002) com extrator automático (VELP SCIENTIFICA, Usmate, Milano), recuperado em 3 mL de hexano e transesterificado com 1,5 mL de metanol e hidróxido de sódio (5%). A composição dos ácidos graxos foi determinada por gás cromatografia-espectrofotômetro de massa (GC-MS). Após a extração por Soxhlet, os lipídios foram diluídos em 2 mL de hexano e reservado em um tubo de vidro a -25 °C até o momento das análises. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram preparados por transesterificação com 1 mL de 5% de hidróxido de sódio em solução metanólica.

A amostra foi agitada e a fase sobrenadante, com os ácidos graxos, foi transferida para um frasco com tampa para ser injetado imediatamente em GC-MS. O equipamento utilizado foi um gascromatógrafo (GC-Varian 3900) com injetor *Split-Splitless* e espectrofotômetro de massa (MS-Varian 2100) a impacto eletrônico.

A coluna utilizada (DB5) apresentava as seguintes características: 30 metros de comprimento; diâmetro interno 0,25 mm e temperatura máxima de 200 °C. Os injetores apresentaram temperatura de 280 °C e a pressão inicial do gás de arraste (hélio) era de 10 psi. A

programação iniciou com a temperatura de 100 °C por 2 minutos, seguida de um aumento de 10 °C/min até atingir 200 °C, onde se manteve por 25 minutos; modalidade de injeção Split e de aquisição: Scan. O tempo de corrida para cada amostra injetada (1 µL) foi de 37 minutos .

2.2 Determinação dos Polifenóis Totais

A extração dos compostos fenólicos totais foi realizada utilizando 10 g das amostras de grãos de arroz triturados em 100 mL de uma mistura de etanol e água (50:50, v/v), mantidos sob agitação durante 4 horas com uma barra magnética (Santos *et al.*, 2011).

Uma alíquota do extrato entre 50 e 100 µL foi retirada e repassada para um frasco de 10 mL, no qual foram adicionados 2,5 mL de água deionizada e 500 µL do reativo de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Após a reação do reativo de Folin com os poli fenóis presentes na amostra, foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio à 10%, e completado o volume com água deionizada. As amostras permaneceram em temperatura ambiente protegidas da luz por 90 minutos e sucessivamente procedeu-se a leitura em espectrofotômetro (700 nm). O padrão de referência utilizado foi o ácido gálico, com o qual foi construída a curva de calibração. Os polifenóis totais foram expressos em µg equivalentes de ácido gálico (EAG) por grama de amostra.

2.3 Preparação das Amostras para a Determinação da Capacidade Antioxidante

O preparo das amostras foi realizado pesando-se 5g de amostra triturada em 20 mL de metanol, agitados por 30 minutos. O sobrenadante foi coletado e transferido para um balão volumétrico. A extração foi repetida com 20 mL de metanol por 30 minutos, e o sobrenadante foi acrescido ao precedente. O conteúdo do balão foi rotaevaporado a uma temperatura de 35-40 °C. O extrato recuperado com 3 mL de metanol High Performance Liquid Chromatography (HPLC) foi mantido a 4 °C até o momento das análises.

2.4 Determinação da Capacidade Antioxidante (DPPH•)

A capacidade antioxidante foi determinada com extrato metanólico das amostras analisadas seguindo-se a metodologia descrita por Brand-Williams *et al.* (1995) modificado por Miliuskas *et al.* (2004), utilizando como padrão o radical estável DPPH. Os resultados foram expressos em µM equivalente de Trolox por gramas de amostra.

2.5 Determinação da Capacidade Antioxidante por Fotoquimiluminescência (Photochem®)

O teste de fotoquimiluminescência foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Popov & Lewin (1999), utilizando o equipamento Photochem®. A determinação da capacidade antioxidante total mediante Photochem® foi realizado em extrato metanólico e extrato lipídico extraído com soxhlet e recuperado com 3 mL de hexano. A composição da mistura de reação está especificado na Tabela 1.

Tabela 1: Composição da micela de reação em μL onde X representa as diversas quantidades de padrão para a curva de calibração (5, 10, 20, 25 μL); Y representa a quantidade de amostra analisada.

Reagente	1	2	3-WS	4-WS	Amostra
Branco	2300	200	25	0	0
Calibração	2300-X	200	25	X	0
Medida	2300-X	200	25	0	Y

Os reagentes 1, 2, 3 e 4 foram fornecidos pela empresa Analytic Jena (Germania). O Reagente 3-WS (Luminol Work Solution) foram preparados adicionando-se 750 μL de reagente 2 ao reagente 3, solução suficiente para 40 análises. O reagente 4-WS (Trolox Work Solution) foi preparado com 500 μL do reagente 1 no reagente 4. Em seguida a solução foi diluída 1:100, destes 10 μL de 4-WS contendo 1 nM do padrão de calibração (Trolox). A duração da corrida de leitura foi de 180 segundos e a capacidade antioxidante foi medida a partir da integral da área abaixo da curva de calibração e expressa em nM equivalentes de Trolox.

2.6 Análises Estatísticas

As análises foram realizadas em triplicata e os dados obtidos foram avaliados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi determinada pelo teste de Tukey a 5% de significância através do programa *Statistica* do Windows, versão 7.0, Statsoft.

3. Resultados e Discussão

O óleo extraído das amostras de arroz (*Oryza sativa L.*), comercializados no Brasil e na Itália, apresentam uma composição de ácidos graxos heterogênea entre as amostras dos tipos de

arroz italiano (bruto, integral, parboilizado e branco) assim como de arroz brasileiro (bruto, integral, parboilizado e branco) com redução gradual de monoinsaturados, polinsaturados e saturados (Deepa *et al.*, 2008) como pode ser observado na Tabela 2. O óleo bruto do arroz é constituído de 90 a 96% por lipídios saponificáveis (triacilgliceróis, diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos livres e ceras) e 3-5% insaponificáveis (esteróis, tocoferóis, tocotrienóis, álcoois triterpênicos) (Pauca-Menacho *et al.*, 2007; Yoshida *et al.*, 2011).

O conteúdo do material insaponificável no arroz varia de acordo com a intensidade e o método de processamento ao qual o arroz é submetido, porém o óleo bruto apresenta um teor médio de 4 % quando comparado a outros óleos vegetais que apresentam em torno de 1 % (Wu, *et al.*, 2011; Tanigawa *et al.*, 2011; Bruscatto *et al.*, 2012; Wang He, Chen, 2014).

Os principais ácidos graxos presentes no arroz compreendem os ácidos palmítico (16:0), ácido oleico (18:1) e ácido linoleico (18:2), representando cerca de 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais. Entre estes ácidos graxos, os insaturados, possuem importantes funções em diversos processos fisiológicos, mas precisam ser introduzidos na alimentação, pois os mesmos não são sintetizados pelo organismo humano (Deepa *et al.*, 2008; Yoshida, *et al.*, 2011; Orsavova *et al.*, 2015, Lilei *et al.*, 2016).

Tabela 2: Conteúdo de ácidos graxos do arroz (*Oryza sativa* L.) Bruto, Branco, Parboilizado e Integral Comercializado no Brasil e na Itália por grama de extrato lipídico.

Ácido Graxos	ABt (g/100g)	AI (g/100g)	AP (g/100g)	Abc (g/100g)
	I / B	I / B	I / B	I / B
Mirístico (C14:0)	0,37 ± 0.07 ^b	0,33 ± 0.04 ^b	0,70 ± 0.11 ^a	0,48 ± 0.10 ^b
	0,61 ± 0.11 ^{ab}	0,55 ± 0.05 ^{ab}	0,44 ± 0.07 ^b	0,66 ± 0.11 ^a
Palmítico (C16:0)	17,65 ± 0.88 ^a	15,75 ± 1.63 ^a	44,14 ± 1.47 ^a	25,27 ± 0.48 ^a
	32,7 ± 1.58 ^a	27,60 ± 2.29 ^a	28,21 ± 0.79 ^a	27,91 ± 2.90 ^a
Palmitoleico (C16:1)	0,21 ± 0.04 ^b	0,18 ± 0.04 ^b	0,26 ± 0.01 ^a	0,19 ± 0.04 ^c
	0,19 ± 0.03 ^b	0,31 ± 0.06 ^b	0,19 ± 0.03 ^b	0,15 ± 0.06 ^a
Esteárico (C18:0)	2,64 ± 0.81 ^{bc}	1,98 ± 0.04 ^c	5,46 ± 0.51 ^a	3,44 ± 0.48 ^b
	5,04 ± 0.13 ^b	4,67 ± 0.79 ^b	5,61 ± 0.85 ^b	9,32 ± 1.73 ^a
Oleico (C18:1)	43,98 ± 0.83 ^a	42,75 ± 0.65 ^a	41,64 ± 0.16 ^a	44,58 ± 2.12 ^a
	49,25 ± 1.75 ^{ab}	52,28 ± 1.00 ^a	46,83 ± 2.42 ^b	37,84 ± 1.15 ^c
Linoleico (C18:2)	34,69 ± 0.93 ^a	37,27 ± 3.01 ^a	0,90 ± 0.10 ^c	20,27 ± 2.63 ^b
	8,47 ± 0.33 ^a	11,54 ± 0.62 ^b	14,45 ± 1.60 ^a	7,35 ± 0.33 ^c
Saturados	20,64 ± 0.45^b	18,07 ± 0.44^b	47,79 ± 0.53^a	29,19 ± 0.28^c
	38,36 ± 0.46^a	32,82 ± 0.79^a	34,26 ± 0.43^a	47,89 ± 1.20^a
Monoinsaturados	43,98 ± 0.83 ^a	42,75 ± 0.65 ^a	41,64 ± 0.16 ^a	44,58 ± 2.12 ^a
	49,25 ± 1.75 ^{ab}	52,28 ± 1.00 ^a	46,83 ± 2.42 ^b	37,84 ± 1.15 ^c

	34,69 ± 0.93 ^a	37,27 ± 3.01 ^a	0,90 ± 0.10 ^c	20,27 ± 2.63 ^b
Polinsaturados	8,47 ± 0.33 ^a	11,54 ± 0.62 ^b	14,45 ± 1.60 ^a	7,35 ± 0.33 ^c

Abt: Arroz Bruto; AI: Arroz Integral; AP: Arroz Parboilizado; Abc: Arroz Branco. I: Italiano; B: Brasileiro. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

A fração lipídica das amostras de arroz italiano com maior percentual de ácido palmítico, oleico e linoleico, representou mais de 80% do total dos ácidos graxos. Entre os ácidos saturados, o palmítico (16:0) representa um percentual entre 15,75% (arroz Integral) à 44,14% (arroz parboilizado). Entre os ácidos insaturados o ácido oleico (18:0) está presente em quantidade significativas de 42,75% (arroz integral) a 44,58% (arroz branco) e o ácido linoleico (18:2), o ômega 6, variando de 37,27% (arroz integral) à 0,9 %.(arroz parboilizado).

Ao analisar os grãos após o processo de parboilização, pode-se constatar que a concentração de ácidos graxos polinsaturados reduziu com o tratamento hidrotérmico e o polimento do grão, provavelmente devido a complexação de amilose especificamente com ácido linoleico, o que pode levar a um ligeiro aumento dos saturados e monoinsaturadas do arroz (Pestana, *et al.*, 2008; Dharmaraj, Malleschi, 2011; Phatanayindee *et al.*, 2012; Thammapat *et al.*, 2016).

A diminuição nos níveis de polinsaturados pode ser decorrente do processamento e aquecimento o que pode provocar a degradação da proteína na estrutura da membrana, liberação de fosfolipídios e oxidação dos polinsaturados, que predominam nos fosfolipídios (Min, *et al.*; 2014; Massarolo *et al.*, 2016; Thammapat *et al.*, 2016).

De maneira geral, os ácidos graxos polinsaturados diferem significativa ($p \leq 0.05$) em relação aos saturados, para o arroz italiano, indicando que ácidos contendo duplas ligações são mais instáveis ao calor quando comparados aos ácidos com ligações simples. Esta redução também pode ser atribuída à degradação dos ácidos graxos, assim como os ácidos graxos insaturados das nozes de macadâmia estudadas por Phatanayindee e colaboradores (2012).

Para o arroz branco brasileiro, o conteúdo de ácido linoleico foi inferior ao do arroz integral e a tipologia de arroz parboilizado, diferente do arroz italiano cujo o arroz parboilizado apresentou uma concentração de ácido linoleico inferior ao arroz branco, o que indica que este ácido é instável quando submetido ao processo de parboilização, provavelmente mais intenso, seguido de polimento (Thammapat *et al.*, 2016; Wu, *et al.*, 2016). Situação similar foi reportada por Kitta *et al.* (2005) ao apresentarem resultados similares aos encontrados nas amostras de arroz italiano e brasileiro, indicando que o percentual de ácido linoleico reduz com o processo de parboilização, aumentando consequentemente o percentual de ácido palmítico.

O percentual médio de 43,23 % para o ácido oleico nas amostras de arroz italiano em todas as condições apresentadas são similares, o que indica que este ácido é uma molécula estável aos distintos processos entre eles a parboilização (Pornpisanu *et al.*, 2016).

Na Figura 1 pode-se observar que o arroz parboilizado brasileiro é o que apresenta maior percentual em ácido oleico (52,28%) enquanto que no arroz parboilizado italiano (Figura 2) sobressai o palmítico (44%), indicando que o processo de parboilização de cada país pode influenciar de modo diverso os resultados das amostras analisadas. Esta diferença também pode ser e estar relacionada ao local de plantio, variedade do grão, bem como condições climáticas (Dors *et al.*, 2009; Thammapat *et al.*, 2016; Massarolo *et al.*, 2016).

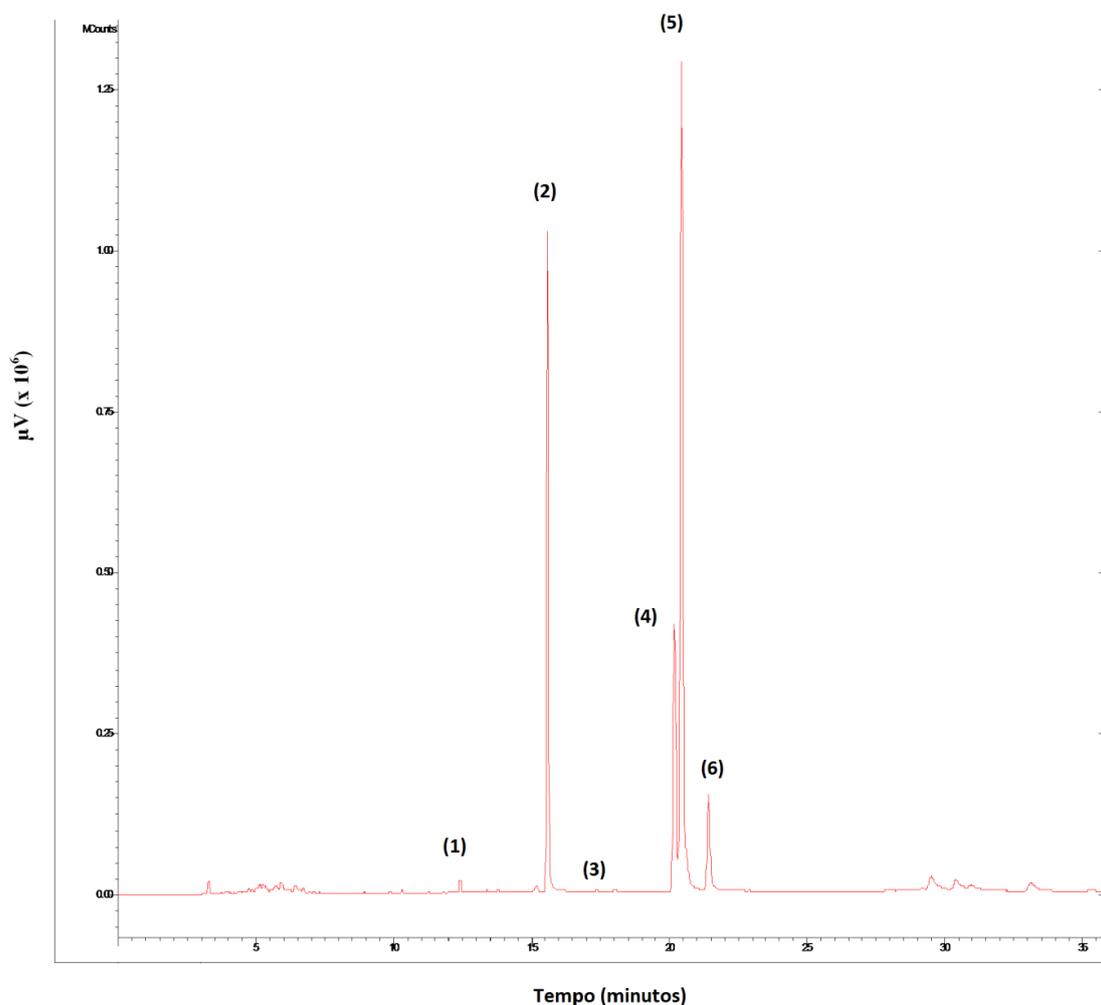


Figura 1: Cromatograma (GC) dos ácidos graxos de amostras de arroz parboilizado brasileiro (1) C14:0 (ácido mirístico); (2) C16:0 (ácido palmítico); (3) C16:1 (ácido palmitoleico); (4) C18:0 (ácido esteárico); (5) C18:1 (ácido oleico); (6) C18:2 (ácido linoleico).

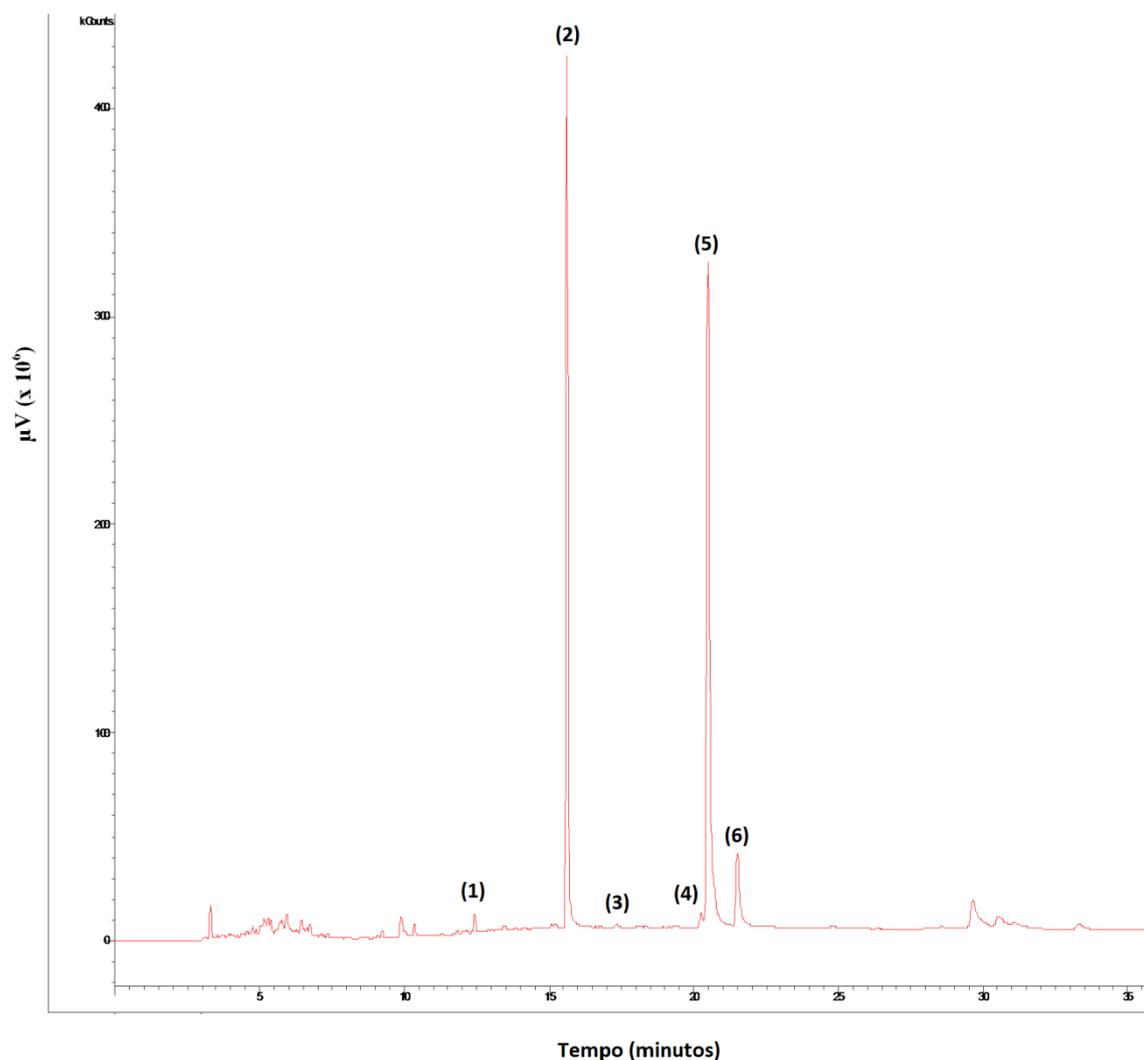


Figura 2: Cromatograma (GC) dos ácidos graxos de amostras de arroz parboilizado italiano. (1) C14:0 (ácido mirístico); (2) C16:0 (ácido palmítico); (3) C16:1 (ácido palmitoleico); (4) C18:0 (ácido esteárico); (5) C18:1 (ácido oleico); (6) C18:2 (ácido linoleico).

3.1 Propriedades Antioxidantes e Fenólicas Totais

Estudos recentes reportam que boa parte da população mundial consome arroz como fonte de calorias e nutrientes para promover a saciedade. No entanto, estes benefícios vão além e apontam que esta cultivar é uma importante fonte de compostos fenólicos, capazes de inibir ou retardar a oxidação ao inativar radicais livres tornando-os estáveis e benéficos para a saúde humana, devido à ação antioxidante desenvolvida por tais compostos, que podem prevenir danos celulares, doenças crônicas, cardiovascular e em alguns casos também o câncer (MIRA *et al.*, 2008; Okater, Liu, 2010; Qiu *et al.*, 2010; Sumczynski *et al.*, 2016; Magalhães *et al.*, 2017).

Entre os alimentos em estudo cita-se o arroz, no qual a maior atividade antioxidante está presente em grãos integrais devido à concentração de polifenóis encontrados na casca do arroz (Pauca-Menacho *et al.*, 2007; Quagliariello *et al.*, 2016). Para elucidar o conhecimento sobre antioxidantes em arroz e identificar uma metodologia que seja mais prática e rápida, foram realizadas análises de fenóis totais e a capacidade antioxidante total através dos métodos Photochem® e DPPH. Embora seja de conhecimento a prática de distintas metodologias devido aos diferentes tipos de radicais livres e suas formas de atuação (Alves *et al.*, 2010)

Ao avaliar o conteúdo de polifenóis totais (Figura 3), constatou-se que as amostras brasileiras apresentam resultados similares às amostras italianas, quando comparado à tipologia e relacionado o tratamento tecnológico industrial a que foram submetidas às amostras. Desta forma, acredita-se que tanto o polimento quanto o tratamento hidrotérmico impactam significativamente na quantidade de polifenóis presente nos grãos (Zhang *et al.*, 2015; Thammpat *et al.*, 2016).

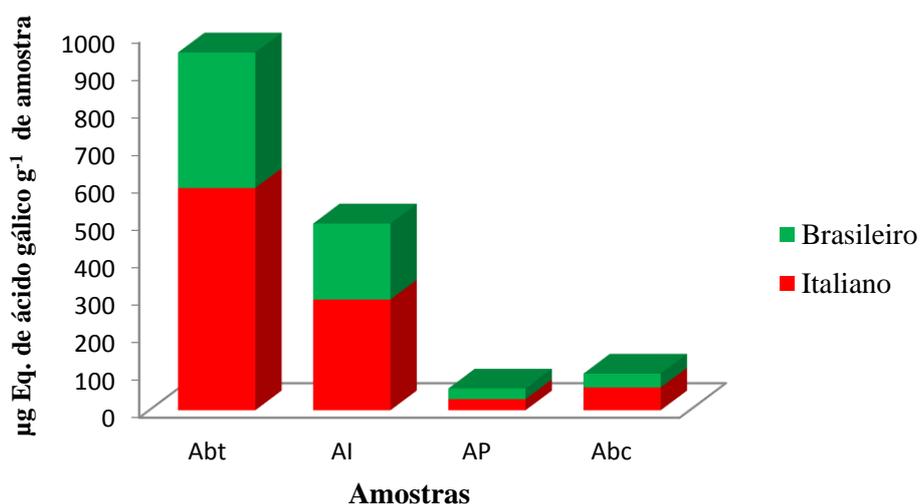


Figura 3: Conteúdo de polifenóis totais ($\mu\text{g Eq. de ácido gálico g}^{-1}$ de amostra) nas tipologias de arroz italiano e brasileiro ($\text{CV}\% \leq 2$). Abt: Arroz Bruto; AI: Arroz Integral; AP: Arroz Parboilizado; Abc: Arroz Branco.

Ao comparar os resultados do arroz bruto em relação ao conteúdo de polifenóis totais para ambos os países estudados com o arroz integral, parboilizado e branco, verifica-se uma redução média de 477; 249; 29; 49 $\mu\text{g Eq/g}$ respectivamente, principalmente para os dois últimos tratamentos. Desta forma observa-se que os polifenóis são sensíveis ao calor no processo de parboilização, assim como a presença de oxigênio e luz (Roberto *et al.*, 2010; Setyaningsih *et al.*, 2016).

De acordo com Walter e Marchesan (2011) o percentual de fenóis totais em grãos de arroz, tem sido associado corriqueiramente com a atividade antioxidante. Provavelmente por

que estas distintas classes de substâncias antioxidantes podem atuar de forma a inibir a peroxidação lipídica e lipooxigenase (Sousa *et al.*, 2007; Morais *et al.*, 2009).

A determinação da capacidade antioxidante pode ser definida por diversos métodos, entre eles o método Photochem[®] que utiliza extrato metanólico e extrato lipídico (Soxhlet), enquanto que o método DPPH utiliza somente o extrato metanólico. Estas duas metodologias foram testadas com o propósito de compará-las quanto aos resultados, praticidade e rapidez. .

Ao determinar a capacidade antioxidante pelo método DPPH (extrato metanólico, Figura 5) e Photochem[®] (extrato lipídico, Figura 4), observa-se que o beneficiamento do arroz brasileiro e italiano, influencia de forma significativa na capacidade antioxidante total dos grãos. Isto é demonstrado na Figura 4, onde o arroz bruto italiano, ao ser transformado em arroz integral, reduz cerca de 20% o valor inicial. Deste para o Parboilizado, a redução aproxima-se de 57 % e do parboilizado para o branco, ocorre à significativa redução de 99% da capacidade antioxidante total do grão.

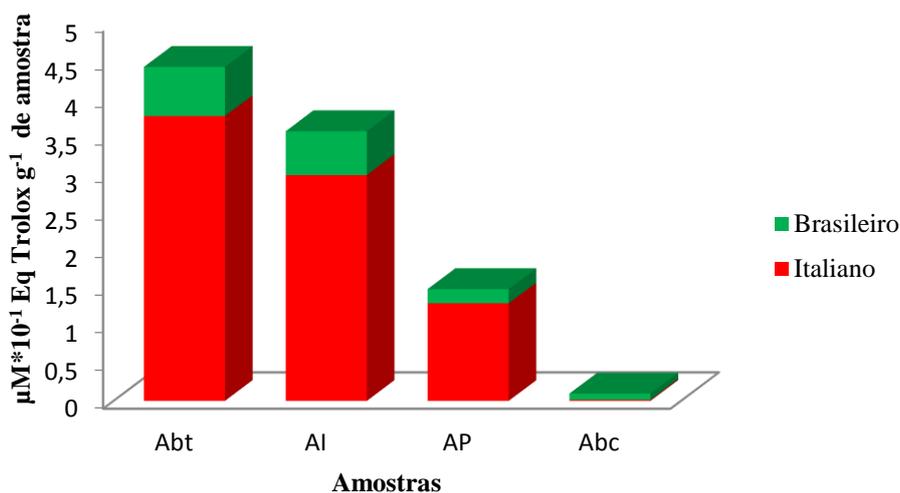


Figura 4: Capacidade antioxidante total ($\mu\text{M}\cdot 10^{-1}$ Eq. Trolox g^{-1} de amostra) do extrato lipídico das tipologias de arroz italiano e brasileiro, utilizando o método Photochem[®] ($\text{CV}\% \leq 2$). Abt: Arroz Bruto; AI: Arroz Integral; AP: Arroz Parboilizado; Abc: Arroz Branco.

As cultivares brasileiras e italianas analisadas demonstraram que o arroz integral contém cerca de 10% da casca e aproximadamente 2,5% de óleo, importante do ponto de vista nutricional e funcional, o que o torna mais atrativo quando comparado ao arroz branco e o parboilizado, cujo processo retém oligoelementos ao migrar para o interior do arroz, porém não permite manter as substâncias lipossolúveis, como os tocoferóis e o γ -orizanol, devido à influência do binômio tempo e temperatura do processo (Kim *et al.*, 2007; Walter, M., Marchesan, E., 2011; Oluremi *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2015).

Os componentes das frações insaponificáveis do arroz, com aproximadamente 50 % de γ -orizanol, apresentam um importante valor funcional devido a sua capacidade antioxidante que inibe ou retarda as reações oxidativas. (Chim *et al.*, 2006; Walter *et al.*, 2008).

Estes efeitos estão associados não só à composição da matéria insaponificável, mas também aos componentes saponificáveis presentes no arroz como os ácidos graxos. Relatos na literatura tem apresentado que o uso de altas temperaturas pode levar à formação de novos compostos com maior poder antioxidante. Neste contexto, a reação de Maillard gera diversos produtos (MRPs - *Maillard Reaction Product*) com poder antioxidante decorrente do processamento térmico ou armazenamento prolongado de alguns alimentos (Yoshida *et al.*, 2011; Bastos *et al.*, 2011; Shibao, Bastos, 2011; Vhangani, Wyk, 2016; Lilei *et al.*, 2016).

Ao constatar que a atividade antioxidante não está relacionada apenas aos compostos lipossolúveis, mas também à um conjunto heterogêneo de substâncias, determinou-se a capacidade antioxidante total do extrato metanólico utilizando o método Photochem[®] e o método de DPPH.

Para o método Photochem[®] no extrato metanólico os valores variaram entre 3,43 a 1,42 $\mu\text{M Eq Trolox g}^{-1}$ de amostra no arroz italiano e brasileiro (Figura 5) quando comparado ao extrato lipídico 3,78 a 0,65 $\mu\text{M} \cdot 10^{-1} \text{ Eq Trolox g}^{-1}$ de amostra no arroz italiano e brasileiro, (Figura 4). Estes valores foram significativamente superiores ($p < 0.05$), sugerindo que a ação antioxidante dos compostos fitoquímicos na fração lipídica do arroz é muito inferior à capacidade antioxidante total deste cereal. Acredita-se que a elevada temperatura de extração da componente lipídica (mediante Soxhlet automático a 130°C) possa ter influenciado na redução da capacidade antioxidante total.

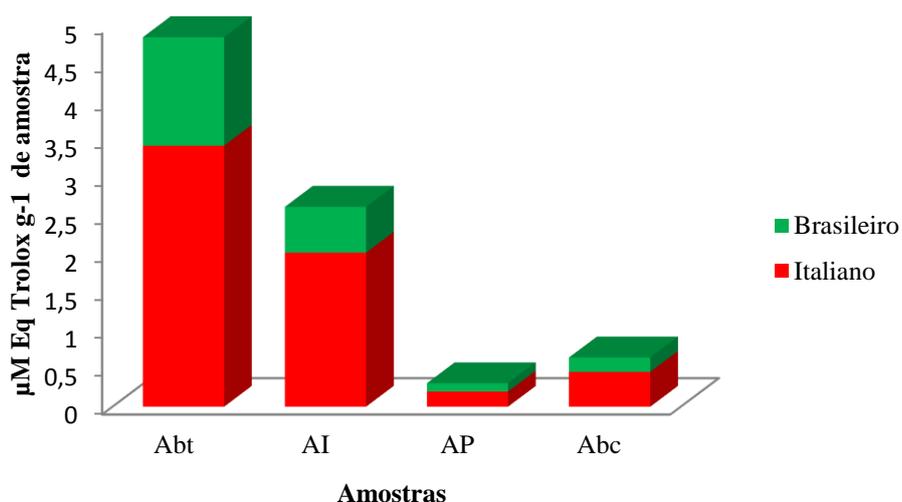


Figura 5: Capacidade antioxidante total ($\mu\text{M Eq Trolox g}^{-1}$ de amostra) do extrato metanólico das tipologias de arroz italiano e brasileiro, utilizando o método Photochem[®] ($\text{CV}\% \leq 2$). Abt: Arroz Bruto; AI: Arroz Integral; AP: Arroz Parboilizado; Abc: Arroz Branco.

Os resultados obtidos para ambos os extratos apontam a influência dos processos industriais sobre a atividade antioxidante do arroz (Walter, M., Marchesan, E, 2011; Zhang *et al.*, 2015). Para as tipologias de arroz brasileiro, os valores da atividade antioxidante total do extrato metanólico das amostras são facilmente correlacionados ao conteúdo de polifenóis totais, enquanto que os resultados da capacidade antioxidante obtida do extrato lipídico não se correlacionam à estes quando analisada à influência dos tratamentos tecnológicos industriais sobre a composição do arroz.

Ao avaliar a capacidade antioxidante das amostras brasileiras e italianas, utilizando o método DPPH (Figura 6), em relação ao tratamento industrial ao qual foram submetidos e as metodologias de análise, constatou-se que ocorreu variação nas diferentes tipologias de arroz.

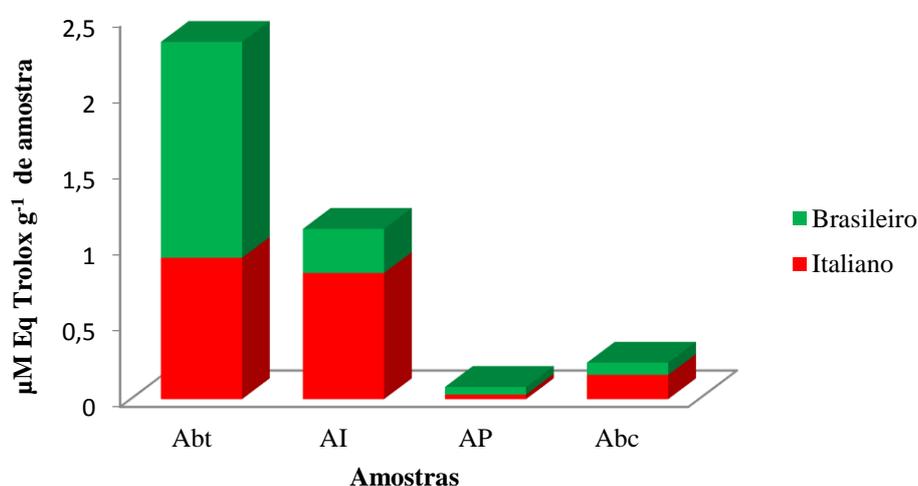


Figura 6: Capacidade antioxidante total ($\mu\text{M Eq Trolox g}^{-1}$ de amostra) do extrato metanólico de arroz italiano e brasileiro, utilizando o método DPPH, ($\text{CV}\% \leq 2$). Abt: Arroz Bruto; AI: Arroz Integral; AP: Arroz Parboilizado; Abc: Arroz Branco.

Este método apesar de ser amplamente utilizado por diversos autores para avaliar a capacidade antioxidante do extrato metanólico das amostras analisadas tem como princípio a inibição do radical estável 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH•) pelos antioxidantes (Moon, Shibamoto, 2009; Scherer, Godoy, 2009; Deng *et al.*, 2011; Kedare, Singh, 2011):

Independente do método utilizado para a análise do extrato metanólico, pode-se constatar que o arroz integral apresentou uma capacidade antioxidante total mais favorável quando comparado ao arroz parboilizado, cujo valor é menor, provavelmente em decorrência do tratamento térmico e/ou processo de polimento aos quais foram submetidos. Tais processos reduzem consideravelmente a atividade antioxidante dos fitoquímicos presentes no arroz.

Situação similar também foi reportado por Hu *et al.*(2017) ao constatar que o nível dos fenóis presentes no arroz parboilizado também apresentou modificações, possivelmente devido

às diferentes condições dos tratamentos hidrotérmico aos quais foi submetido o produto assim como às diferentes metodologias analíticas utilizadas.

4. Conclusões

As análises das amostras de arroz beneficiado, italianas e brasileiras (bruto, integral, parboilizado e branco), demonstraram a influência dos processos tecnológicos industriais na qualidade e quantidade dos ácidos graxos, polifenóis totais e capacidade antioxidante total dos grãos analisados.

Os principais ácidos graxos presentes no arroz em todas as tipologias são os ácidos palmítico, ácido oleico e ácido linoleico.

As análises de quantificação dos polifenóis totais e da capacidade antioxidante total, utilizando extrato metanólico (DPPH e Photochem[®]) demonstraram a mesma influencia negativa de redução destes compostos quando o arroz é submetido principalmente ao tratamento térmico, diferente das análises com extrato lipídico (Photoquem[®]) reportado os menores valores para os grãos de arroz branco.

5. Referências

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. 2010. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. *Química Nova*, 33, 2202-2210.

AOAC, 2002. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.

BASTOS, D. H. M.; SHIBAO, J.; FERREIRA, E. L.; BOMBO, A. J. 2011. Produtos da reação de Maillard em alimentos. *Brazilian Society for Food and Nutrition*, 36, 63-78.

BRAND-WILLIAMS, W; CUVELIER, M. E; BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 28, 25-30.

BRUSCATTO, M. H.; PESTANA-BAUER, V. R.; RUTZ, J. K.; ZAMBIAZI, R. C. 2012. Caracterización del aceite de Salvado de arroz. *Revista de Ciencia y Tecnología*. 14,28-32.

BUTSAT, S.; SIRIAMORNUN, S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry*, 119, 606-613.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; LEITÃO, A. M. 2006. Farelo de arroz: capacidade antioxidante de frações ricas em orizanol. *Boletim Ceppa*, 24, 279-288.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, v. 2, Safra 2014/15, n.8, 9ª Revisão, maio 2015.

DEEPA, G., SINGH, V., & NAIDU, K. A. 2008. Nutrient composition and physicochemical properties of Indian medicinal rice – Njavara. *Food Chemistry*, 106, 165–171.

DENG, J.; CHENG, W.; YANG, G. A. 2011. Novel antioxidante activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. *Food Chemistry*, 125, 1430-1435.

DHARMARAJ, U., MALLESHI, N. G. 2011. Changes in carbohydrates, proteins and lipids of finger millet after hydrothermal processing. *Food Science and Technology*, 44, 1636–1642.

DORS, G. C.; PINTO, R. H.; BADIALE-FURONG, E. 2009. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29, 219-224.

GANI, A.; WANI, S. M. MASOODI, F. A.; HAMEED, G. 2011. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: a review. *Food Processing and Technology*, 3, 1-10.

GOUFO, P.; TRINDADE, H. 2014. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ -oryzanol, and phytic acid. *Food Science & Nutrition*, 2,75-104.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. 2005. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18,287-296.

HU, Z.; TANG, X.; LIU, J.; ZHU, Z.; SHAO, Y. 2017. Effect of parboiling on phytochemical content, antioxidant activity and physicochemical properties of germinated red rice. *Food Chemistry*, 214, 285- 292.

KEDARE, S.; SINGH, R. 2011. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48, 412-422.

KESARWANI, A.; CHIANG, P.; CHEN, S. S. 2014. Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities of rice kernel and their relationships with agronomic practice. *The Scientific World Journal*, 2, 1-6.

KHAN, M. A.; RAHMAN, A. A.; ISLAM, S.; PARVIN, S.; ISLAM, M. B.; HOSSAIN, M.; RASHID, M.; SADIK, G.; NASRIN, S.; MOLLAH, M. N. H.; ALAM, A. K. 2013. A comparative study on the antioxidant activity of methanolic extracts from different parts of *Morus alba* L. (Moraceae), *BMC Research Notes*, 6, 1-9.

KHOEI, M., CHEKIN, F. 2015. The ultrasound-assisted aqueous extraction of rice bran oil. *Food Chemistry*, 194, 503–507.

KIM, H. J.; LEE, O. H.; MIN, D. B. 2007. Effects and prooxidant mechanisms of oxidized α -tocopherol on the oxidative stability of soybean oil. *Journal of Food Science*, 72, 223 – 230.

KITTA, K.; EBIHARA, M.; IIZUKA, T.; YOSHIKAWA, R.; ISSHIKI, K.; KAWAMOTO, S. 2005. Variations in lipid content and fatty acid composition of major non-glutinous rice cultivars in Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 269-278.

LILEI YU A,B , GUANGLEI LI A,B , MEI LI C , FEIFEI XU A , TRUST BETA B , JINSONG BAO A. 2016. Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. *Food Chemistry*, 197, 776–782.

LIU, R.H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 46, 207–219.

QIU, Y.; LIU, Q.; BETA, T. 2010. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. *Food Chemistry*, 121, 140–147.

MAGALHÃES, S. C. Q.; TAVEIRA, M.; CABRITA, A. R. J.; FONSECA, A. J. M.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P. B. 2017. European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles. *Food Chemistry*, 215, 177-184.

MASSAROLO, K. C.; SOUZA, T. D.; RIBEIRO, A. C.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. 2016. Influence of cultivation *Rhizopus oryzae* on rice bran on lipid fraction: Fatty acids and phospholipids, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 8, 204–208.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237.

MIN, B.; MCCLUNG, A.; CHEN, MING-HSUAN. 2014. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chemistry*, 159, 106 – 115.

MIRA, N. V. M.; BARROS, R. M. C.; SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A.; LANFER-MARQUEZ, U. M. 2008. Extração, análise e distribuição dos ácidos fenólicos em genótipos pigmentados e não pigmentados de arroz (*Oryza sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 994- 1002.

MONKS, J. L. F.; VANIER, N. L.; CASARIL, J.; BERTO, R. M.; OLIVEIRA, M.; GOMES, C. B.; CARVALHO, M. P.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. 2013. Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 73-79.

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. 2009. Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1655-1666.

MORAIS, S. M.; CAVALCANTI, E. S. B.; COSTA, S. M. O.; AGUIAR, L. A. 2009. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19, 315 – 320.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. 2009. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. *Química Nova*, 32, 689-702.

OKATER, O.; LIU, R. H. 2010. Health benefits of whole grain phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 193–208.

OLI, P.; WARD, R.; ADHIKARI, B.; TORLEY, P. 2014. Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *Journal of Food Engineering*, 124, 173 – 183.

OLUREMI, O. I.; SOLOMON, A. O.; SAHEED, A. A. 2013. Fatty acids, metal composition and physico-chemical parameters of Igbemo Ekiti rice bran oil. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 39-46.

ORSAVOVA, J.; MISURCOVA, L.; AMBROZOVA, J. V.; VICHA, R.; MLCEK, J. 2015. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 12871-12890.

PALOMBINI, S. V.; MARUYAMA, S. A.; CLAUS, T.; CARBONERA, F.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T.; MATSUSHITA, M. 2013. Evaluation of antioxidante potential of Brazilian rice cultivars. *Food Science and Technology*, 33, 699-704.

PASCUAL, C. S. C. I., MASSARETTO, I. L., KAWASSAKI, F., BARROS, R. M. C., NOLDIN, J. A., MARQUEZ, U. M. L. 2013. Effects of parboiling, storage and cooking on the levels of tocopherols, tocotrienols and c-oryzanol in brown rice (*Oryza sativa* L.). *Food Research International*, 50, 676–681.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H.; SANT'ANA, A. S.; GONÇALVES, L. A. G. 2007. Refino de óleo de farelo de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições brandas para preservação do γ -orizanól. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 45 – 53.

PHATANAYINDEE, S., BOROMPICHAICHARTKUL, C., SRZEDNICKI, G., CRASKE, J., WOOTTON, M. 2012. Changes of chemical and physical quality attributes of macadamia nuts during hybrid drying and processing. *Drying Technology*, 30, 1870–1880.

PESTANA, V. R.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C. 2008. Farelo de arroz: características, benefícios à saúde e aplicações. *Boletim CEPPA*, 26, 29 – 40.

POPOV I., LEWIN G. 1999. “Antioxidative homeostasis: characterization by means of chemoluminescent technique”. *Methods in enzymology*, 300, 437-456.

PORNPISANU THAMMAPAT A , NARET MEESO B , SIRITHON SIRIAMORNPUN. 2016. Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, c-oryzanól and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*, 194, 230–236.

QUAGLIARIELLO, V.; IAFFAIOLI, R. V.; FALCONE, M.; FERRARI, G.; PATARO, G.; DONSI, F. 2016. Effect of pulsed electric fields – assisted extraction on anti-inflammatory and cytotoxic activity of brown rice bioactive compounds. *Food Research International*, 87, 115-124.

ROBERTO, M., JUNIOR, M., LEITE, A.V., ROMANELLI, N., DRAGANO, V. 2010. Supercritical fluid extraction and stabilization of phenolic compounds from natural sources – review (supercritical extraction and stabilization of phenolic compounds). *The Open Chemical Engineering Journal*, 4, 51–60.

SANTOS, L. P.; MORAIS, D. R.; SOUZA, N. E.; COTTICA, S. M.; BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V. 2011. Phenolic compounds and fatty acids in different parts of *Vitis labrusca* and *V. vinifera* grapes. *Food Research International*, 44, 1414-1418.

SCHERER, R.; GODOY, H. T. 2009. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112, 654-658.

SELLAPAN, K.; DATTA, K.; PARKHI, V.; DATTA, S. K. 2009. Rice caryopsis structure in relation to distribution of micronutrients (iron, zinc, β -carotene) of rice cultivars including transgenic indica rice. *Plant Science*, 177, 557-562.

SETYANINGSIH, W.; HIDAYAH, N.; SAPUTRO, I. E.; PALMA, M.; BARROSO, C. G. 2016. Profile of phenolic compounds in Indonesian rice (*Oryza sativa*) varieties throughout post-harvest practices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 55 – 62.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. 2011. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. *Revista Nutrição*, 24, 895-904.

SINGLETON V.L., ROSSI J.A., 1965. Colorimetry of total phenols with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am.J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quim Nova*, 30:351-355.

SUMCZYNSKI, D.; KOTÁSKOVÁ, E.; DRUZBÍKOVÁ, H.; MLC'EK, I. 2016. Determination of contents and antioxidant activity of free and bound phenolics compounds and in vitro digestibility of commercial black and red rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Food Chemistry*, 211, 339–346.

TANIGAWA, H. Y. T., YOSHIDA, N. KURIYAMA, I., TOMIYAMA, Y., MIZUSHINA, Y. 2011. Lipid components, fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in rice brans. *Food Chemistry*, 129, 479–484.

THAMMAPAT, P.; MEESO, N.; SIRIAMORNUN, S. 2016. Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, c-oryzanol and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*, 194, 230 – 236.

VHANGANI, L. N.; WYK, J. V. 2016. Antioxidant activity of Maillard reaction products (MRPs) in a lipid-rich model system. *Food Chemistry*, 208, 301 – 308.

ZHANG, H.; SHAO, Y.; BAO, J.; BETA, T. 2015. Phenolic compounds and antioxidant properties of breeding lines between the white and black rice. *Food Chemistry*, 172, 630-639.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. 2004. The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chemistry*, 87, 401-406.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. 2008. Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38,1184-1192.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of rice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54, 371-377.

WANG, T., HE, F. L., & CHEN, G. B. 2014. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods*, 7, 101-111.

WOJDYŁO, A.; OSZMAINSKI, J. 2007. Comparison of the content phenolic acid, α-tocopherol and the antioxidant activity in oat naked and weeded. *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 6, 1980-1988.

WU, S. F., LI, D. M., ZHENG, G. D., YIN, Z. P., JIANG, Y., & YANG, W. Y. 2011. Study on ultrasonic assistant extraction technique of wax gourd's seed oil. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 26, 57-60.

YOSHIDA, H., TANIGAWA, T., YOSHIDA, N., KURIYAMA, I., TOMIYAMA, Y., & MIZUSHINA, Y. 2011. Lipid components, fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in rice brans. *Food Chemistry*, 129, 479 - 484.

YU, L.; LI, G.; LI, M.; XU, F.; BETA, T.; BAO, J. 2016. Genotypic variation in phenolic acids, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. *Food Chemistry*, 197, 776- 782.