



USO DA LARANJA LIMA E SEUS RESÍDUOS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

C. E. de Farias Silva^{1*}, B. M. V. da Gama¹, L. M. T. de M. Oliveira¹, L. T. de Araujo¹, M. L. de Araujo¹, A. M. de Oliveira Junior², A. K. de S. Abud²

¹ UFAL - Univ Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, AL, Brasil

² UFS - Univ Federal de Sergipe, Departamento de Tecnologia de Alimentos, São Cristóvão, SE, Brasil

Article history: Received 27 January 2016; Received in revised form 04 March 2016; Accepted 07 March 2016; Available online 21 March 2016.

RESUMO

Um dos grandes desafios da humanidade é equilibrar produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental. Como alternativa, a industrialização de alimentos pode contribuir de maneira marcante para o incentivo e estabilização da produção agrícola, permitindo melhor aproveitamento dos excedentes e favorecendo o uso dos mesmos durante todo o ano e não apenas em época de safra. Aliado a isto, os processos biotecnológicos possibilitam não só o aproveitamento da matéria-prima, mas também de seus resíduos no desenvolvimento de novos produtos. A cultura da laranja Lima tem no município de Santana do Mundaú, em Alagoas, a principal referência e centro de produção brasileira. As excelentes condições ambientais da região permitem o desenvolvimento de frutos de excelente qualidade e amplas possibilidades de competir com os produzidos em outras regiões. Todavia, ainda que apresente vantagens e facilidades, os investimentos na citricultura são limitados, resultando em baixos índices de produtividade e descarte do produto excedente da região. Este trabalho aborda tecnologias de aproveitamento integral do excedente da produção de laranja Lima, avaliando-se a viabilidade comercial e a aceitação do vinho e vinagre de laranja Lima, obtidos a partir do suco, a extração de óleo essencial da casca e o uso do albedo, oriundo do processo de extração, para a produção de pectina, incorporação em alimentos, adsorção, produção de enzimas e de etanol 2G. Foram gerados produtos de valor econômico, agregando valores a um material de descarte e possibilitando uma fonte de renda alternativa, cumprindo, assim, uma função ambiental e social.

Palavras-chave: resíduo, laranja Lima, alimento, aproveitamento, produtos biotecnológicos.

USE OF 'LIME' ORANGE AND THEIR WASTES IN THE DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS

ABSTRACT

One of the great humanity challenges is to balance production of goods and services, economic growth, social equity and environmental sustainability. Alternatively, the industrialization of food can contribute markedly to the encouragement and stabilizing agricultural production, allowing better use of surplus and promoting their use throughout the year and not just in times of harvest. Allied to this, biotechnological processes enable not only

* eduardo.farias.ufal@gmail.com

the utilization of the feedstock but also its residues in the development of new products. The culture of orange Lima has the municipality of Santana do Mundaú, in Alagoas, the main reference and Brazilian production center. The excellent environmental conditions in the region allow the development of excellent fruit quality and ample opportunities to compete with those produced in other regions. However, even though it presents advantages and facilities, investments in the citrus industry are limited, resulting in low levels of productivity and discard of the surplus product of the region. This work aimed the use of biotechnological technologies to propose orange Lima utilization in a point of industrial view, assessing the commercial viability and acceptance of the Lima orange wine and vinegar, obtained from the juice, essential oil extraction from the bark and the use of albedo, coming from the extraction process, for the production of pectin, incorporation into food, adsorption, enzyme production and 2G ethanol. Products of economic value were generated, adding value to a waste material and providing an alternative income source, thereby fulfilling an environmental and social function.

Keywords: waste, Lima orange, food, reuse, biotechnological product.

INTRODUÇÃO

A diminuição da disponibilidade de alimentos é um problema que se agrava com a expansão da população mundial. De acordo com a organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçados todos os anos, resultado de uma combinação entre o comportamento do consumidor e a falta de comunicação ao longo da cadeia de abastecimento, causando, além de perdas econômicas, impactos significativos nos recursos naturais (clima, uso da água e do solo e biodiversidade) (FAO, 2013). Em relação às frutas e hortaliças, cerca de 10% das perdas ocorrem no campo, 50% durante o manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e comercialização, e 10% em supermercados e consumidor final (UGALDEL & NESPOLO, 2015).

Tais fatores têm levado à necessidade da utilização eficiente e do aproveitamento integral dos recursos agrícolas (PANDEY et al., 2000; SANTOS, 2008), com inúmeros estudos e investimentos em tecnologias limpas, economia de recursos, reciclagem e reaproveitamento de resíduos (UENOJO & PASTORE, 2007).

Nesse enfoque, a industrialização de alimentos surge como forma de incentivo e estabilização da produção agrícola, permitindo um melhor aproveitamento dos

excedentes e trazendo, com isso, uma contribuição para melhorar a utilização dos mesmos durante todo o ano e não apenas em época de safra.

Originária da Ásia, especialmente da China e do arquipélago malaio, as mudas de laranja chegaram pela primeira vez no Brasil no século XVI com os portugueses, que as plantaram ao longo da costa. Entre as variedades, a laranja Lima (*Citrus sinensis* Osbeck) se destaca por ser uma fruta de casca fina, sabor doce, aroma característico e agradável e baixa acidez, especialmente recomendada para a alimentação de bebês.

Na região Nordeste, a produção de laranja Lima é concentrada na região do Vale do Mundaú, em Alagoas (COELHO, 2004), sendo também considerado um dos maiores produtores do país (ALMEIDA et al., 2011). As excelentes condições ambientais da região permitem o desenvolvimento de frutos de excelente qualidade e amplas possibilidades de competir com os que são produzidos em outras regiões. Todavia, ainda que apresente vantagens e facilidades, por se tratar de uma matéria-prima facilmente suscetível à degradação os investimentos são limitados, resultando em baixos índices de produtividade e descarte de grandes quantidades da fruta quando não

apresentam qualidade para o consumo *in natura*.

Em 2002, a evolução da cultura da laranja Lima no município de Santana do Mundaú originou a Cooperativa dos Produtores de Laranja Lima (COOPLAL), facilitando a comercialização e beneficiamento por pequenos produtores rurais. Para aperfeiçoar e transformar a citricultura numa referência em termos nacionais, promovendo o aumento da produtividade, da qualidade do fruto, da sustentabilidade socioeconômica e ambiental e buscando novos mercados, a SEPLANDE, em parceria com o SEBRAE/AL, lançou, em 2008, o Arranjo Produtivo Local (APL) da Laranja no Vale do Mundaú (FERREIRA et al., 2013).

Como exemplos do desenvolvimento tecnológico da cadeia de produção de laranja lima a partir de processos bioquímicos podem ser avaliadas a produção de bebida fermentada e vinagre, a extração de óleos essenciais, a extração de pectina, a produção de etanol de segunda geração e de enzimas, além do uso dos resíduos em processos de adsorção e incorporação em alimentos.

Bebidas fermentadas de frutas constituem produtos promissores devido à tendência de aceitação em pesquisas de consumo, além de contribuírem para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis. Tradicionalmente, uvas e maçãs são usadas para esta obtenção. Contudo, nos países tropicais, frutas como laranja, goiaba, damasco, abacaxi e manga (SANDHU & JOSHI, 1995), caju (CASIMIRO et al., 1989; ABREU, 1997), mangaba, pinha e seriguela (MUNIZ et al., 2002) têm fornecido valorizados e saborosos vinhos, passando a ser chamados de fermentados de fruta, contribuindo para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis (SANDHU & JOSHI, 1995).

O vinagre, assim como o vinho, é um alimento conhecido desde a antiguidade e seu nome, em quase todas as línguas ocidentais, é derivado do francês “vinaigre”, ou vinho azedo. Seu uso como condimento, aromatizante, conservante e

medicamento estão entre as principais aplicações (TORRES NETO et al., 2005) e a produção se dá pela fermentação acética do vinho, atingindo uma acidez volátil mínima de 40 g/L expresso em ácido acético (4%). A graduação alcoólica não pode exceder a 1 °GL e o mesmo deve, obrigatoriamente, ser pasteurizado (BRASIL, 1997).

As indústrias de suco de frutas geram grandes quantidades de resíduos (restos de polpa, cascas e sementes) provenientes do esmagamento dos frutos para a obtenção de suco. Estes resíduos, atualmente, são aproveitados na suplementação da alimentação animal ou colocados em lixões, causando problemas de saúde e ambientais, pela fermentação, atração de insetos e roedores, como também mau cheiro. Uma vez que o volume representa inúmeras toneladas, agregar valor a estes subprodutos é de interesse econômico, social, científico e tecnológico.

Os óleos essenciais, de acordo com a International Standard Organization (ISO), são produtos obtidos de partes de plantas através da destilação por arraste de vapor da água. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas, sendo também denominados de óleos voláteis, óleos etéreos ou essências (TAVARES, 2007). O mercado mundial de extratos naturais envolve cerca de US\$ 500 bilhões anuais, com produção voltada para a indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética. E, apesar da grande diversidade brasileira, boa parte da matéria-prima é exportada para a Alemanha (JORNAL DA UNICAMP, 2003). Os óleos essenciais extraídos das cascas de laranja podem ser usados diretamente para dar o sabor em bebidas, sorvetes e outros alimentos e na fabricação de medicamentos e cosméticos (SANTOS, 2003).

A extração de pectina é considerada um processo de baixo custo operacional, resultando em moléculas usadas como aditivos alimentares (espessante ou estabilizante), com significativo valor no mercado, a exemplos da fabricação de

geleias e de nutracêuticos, onde seu consumo pode reduzir os níveis de colesterol total e LDL, além de modelar a resposta glicêmica (BAKER, 1994; FENNEMA, 1996; SHALINI & GUPTA, 2010). As propriedades físico-químicas da pectina dependem das condições da matéria-prima selecionada para o seu isolamento e purificação (CHAN & CHAO, 2013), tendo como fases para sua obtenção: 1) extração do material, em meio aquoso à quente, ácido ou básico, com agentes quelantes ou por ação de enzimas (SOLER, 1995; PINHEIRO, 2007); 2) purificação do extrato líquido e 3) separação do extrato da pectina. Estes processos são influenciados por vários fatores, tais como temperatura, pH, tipo de ácido e tempo de extração (PAGAN et al., 2001).

Alternativa que vem ganhando a atenção de pesquisadores desde o início da década de 70 é o aproveitamento de resíduos de certas frutas como matéria prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana. Os resíduos de frutas cítricas, além de minerais, são ricos em pectina, que torna o alimento rico em propriedades funcionais podendo ser utilizado no enriquecimento e desenvolvimento de novos produtos, como pães, biscoitos, bolos, barra de cereais, entre outros.

Nos produtos de origem alimentícia, o fator determinante para a aceitação pelo consumidor é a aparência, ou seja, a coloração, a forma e a embalagem, bem como o aroma, o sabor e a textura. A análise sensorial trabalha de forma sincronizada com estes atributos sensoriais, a partir dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição, buscando atender às necessidades dos consumidores e dos produtores (PEDRÃO & CORÓ, 1999).

A avaliação sensorial tem muitas finalidades, dentre elas o desenvolvimento de novos produtos, reformulação dos produtos já existentes no mercado, estudo da vida de prateleira (*shelf life*), avaliação das diferenças e similaridades apresentadas entre produtos concorrentes, identificação

da preferência dos consumidores por um determinado produto e, também, otimização e melhoria da qualidade (SGS, 2011).

Um fator cada vez mais evidenciado na sociedade moderna, tanto pelo uso racional nos processos produtivos quanto pela preocupação com o ambiente, é a contaminação das águas (LAMBRECHT, 2007), destacando-se entre os contaminantes, os corantes e os metais pesados. As indústrias têxteis, consumidoras de grandes quantidades de água e de produtos químicos (200 a 400 L água/ kg de tecido tingido), possuem cerca de 2000 tipos de corantes disponíveis (ROBINSON et al., 2000; GUARATINI & ZANONI, 2000), contribuindo significativamente para a poluição de recursos hídricos (VANDEVIVERE et al., 1998).

A baixa biodegradabilidade dos corantes, devido aos efeitos mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos, torna os processos convencionais de tratamento biológico dos efluentes têxteis não muito eficientes (SOARES, 1998), fazendo com que os processos químicos ou físicos, como coagulação, floculação, ozonização, troca iônica, irradiação e/ou adsorção sejam amplamente estudados (CHAVES et al., 2007).

A adsorção vem sendo considerada um dos processos mais eficientes de remoção de corantes. A aplicação de biomassa nestes processos apresenta baixo custo operacional e eficiência na capacidade de remoção dos poluentes, agregando valor a um produto de descarte. Trata-se de um material natural, praticamente sem custo, abundante e com capacidades adsorptivas por metais e compostos orgânicos (BONIOLO et al., 2010). São constituídos por macromoléculas, como celulose, lignina, proteínas e pectina, apresentando grupos funcionais promotores de processos adsorptivos, como carboxilas, carbonilas, aminas, amidas, tióis e hidroxilas (VOLESKY, 2007; SUD et al., 2008).

A aplicação de enzimas em processos industriais é de grande interesse, em especial devido à facilidade de obtenção (por biotecnologia) e às vantagens em relação aos catalisadores (aceleradores de reações) químicos, como maior especificidade, menor consumo energético e maior velocidade de reação. BHARAT (2012) cita que o mercado mundial de enzimas industriais foi avaliado em US\$ 3,1 bilhões em 2009 e atingiu cerca de US\$ 3,6 bilhões em 2010, com estimativa de mercado para 2011 em cerca de US\$ 3,9 bilhões, projetando-se uma taxa composta de crescimento anual de 9,1% para chegar a US\$ 6 bilhões até 2016. Aplicam-se enzimas na produção de papel, tecidos, detergentes, alimentos, couro, cosméticos, biocombustíveis e produtos de química fina (VAN BEILEN, 2002; OLIVEIRA et al., 2006; GONÇALVES & MARSAIOLI, 2013).

Embora ainda pouco representativo (cerca de 2% do total mundial), o mercado brasileiro de enzimas revela grande potencial, devido à enorme geração de resíduos agroindustriais e ao dinamismo das indústrias de alimentos, medicamentos, tecidos e celulose/papel (GONÇALVES & MARSAIOLI, 2013). A fermentação semissólida (FSS) ou fermentação no estado sólido (FES) apresenta-se como alternativa à produção de enzimas, aromas, biosurfactantes, biopesticidas, ácidos orgânicos, alimentos fermentados, biorremediação e biodegradação de compostos e destoxificação biológica de resíduos agroindustriais. É o processo no qual o crescimento do microrganismo ocorre na ausência ou próximo à ausência de água livre, usando um substrato sólido natural como substrato ou suporte inerte (PANDEY, 2002). Vários resíduos agroindustriais são utilizados como substrato, como bagaço de laranja (RIZZATTO et al., 2000), farelo de trigo e de arroz (KAPOOR et al., 2000), farelo de soja (CASTILHO et al., 2000), polpa de maçã (BEROVIC & OSTROVERSNIK, 1997), polpa de café (BOCCAS et al., 1994; ANTIER et al., 1993), casca de

manga e de banana, bagaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo (SILVA et al., 2002, MARTIN et al., 2004), etc.

Em função das mudanças climáticas e da elevação das cotações do petróleo, o uso da biomassa como fonte de energia também vem crescendo, tendo o Brasil posição privilegiada em função das culturas agrícolas de grande extensão, maior biodiversidade do planeta, intensa radiação solar, água em abundância, diversidade de clima e pioneirismo na produção de biocombustíveis (SANTOS et al., 2011).

As tecnologias para a obtenção de bioetanol, produzido a partir dos materiais lignocelulósicos, envolvem a hidrólise dos polissacarídeos da biomassa em açúcares fermentescíveis e sua posterior fermentação, sendo uma alternativa energética promissora para atender à demanda mundial. MERINO & CHERRY (2007) e BELLIDO et al. (2011) consideram que, para um eficiente processo de conversão da biomassa lignocelulósica a etanol, são necessárias 5 operações unitárias: (1) Redução do tamanho da biomassa para aumentar a área superficial e uniformidade; (2) pré-tratamento para romper estrutura da lignina e da hemicelulose, reduzindo a cristalinidade da celulose e aumentando a porosidade da biomassa; (3) hidrólise enzimática para converter açúcares poliméricos em açúcares monoméricos; (4) fermentação para produzir etanol a partir dos açúcares monoméricos; (5) recuperação do etanol por destilação ou outra tecnologia de separação.

As principais tecnologias de pré-tratamento incluem tratamentos ácidos, alcalinos ou oxidativos, diferindo nos tipos de química e mecanismos responsáveis pelas modificações estruturais e químicas da parede celular, que resultam numa acessibilidade melhorada da enzima, além de rendimentos maiores (OGEDA & PETRI, 2010). O objetivo deste pré-tratamento é remover ou modificar a estrutura da lignina e das hemiceluloses, facilitando o ataque enzimático e a degradação da celulose.

Na hidrólise enzimática, a conversão da celulose em glicose é catalisada por um grupo de enzimas denominadas celulasas, que atuam rompendo as ligações glicosídicas das microfibrilas da celulose, resultando na liberação de glicose, a qual, posteriormente, passará pela etapa de fermentação e originará o etanol. Todavia, *Saccharomyces cerevisiae* só fermenta hexoses, não sendo capaz de fermentar pentoses, maior constituinte da fração de hemicelulose (SAHA et al., 2005).

A etapa seguinte à hidrólise, denominada fermentação, irá converter a glicose (açúcar) em álcool por meio da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, já bastante utilizada como fermento industrial, apresentando bons desempenhos em conversão de glicose a etanol, produtividade e tolerância alcoólica e aos inibidores do pré-tratamento e da fermentação. Todavia, *Saccharomyces cerevisiae* só fermenta hexoses, não sendo capaz de fermentar pentoses, maior constituinte da fração de hemicelulose (SAHA et al., 2005).

LOHRASBI et al. (2010) desenvolveram um projeto de processos e

análise econômica de uma biorrefinaria para o tratamento de resíduos cítricos. O resíduo foi hidrolisado com ácido sulfúrico diluído e, em seguida, processado pra produzir limoneno, etanol e biogás. O custo total do etanol para o processo, com base na produção de 100.000 toneladas de resíduos de citros por ano, foi de 0,91 USD/L, assumindo manuseio de 10 USD/t como custo de transporte de resíduo para a planta. No entanto, o preço é sensível à capacidade da planta e, com preço constante de metano e limoneno e alterando a capacidade da planta de 25.000 para 400.000 toneladas, pode-se trazer redução nos custos para 2,55 a 0,46 USD/L, tornando o processo economicamente viável. O processo é composto por hidrólise com ácido diluído, fermentação, recuperação de etanol, digestão anaeróbia e tratamento de águas residuais. Este estudo mostrou a possibilidade de etanol economicamente viável através de um processo não enzimático, bem como o fato de uma temperatura moderada para hidrólise contribuir na redução dos custos operacionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Ensino em Engenharia Química (LEEQ), do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Os frutos de laranja Lima foram cedidos pela COOPLAL (Cooperativa dos Produtores de Laranja Lima de Santana do Mundaú), também contando com o apoio do SEBRAE-AL, que coordena o PAPL (Programa de Arranjos Produtivos Locais).

Os frutos foram lavados, sanitizados em hipoclorito de sódio 100 ppm por 15 min. A separação da casca da laranja foi realizada a partir de descascador manual. O suco foi extraído por meio de extrator de sucos LorenSid.

Para avaliar o uso da farinha na incorporação de alimentos, secou-se o resíduo sem e com maceração, com e sem sementes. O intuito da maceração foi retirar o amargor causado pela pectina, sendo realizada colocando-se o resíduo de molho em água por 48 h, trocando esta água a cada 8 h. A desidratação ocorreu em estufa de secagem com circulação forçada de ar a 50 ± 5 °C, até se atingir o peso constante de uma amostra. Para reduzir e uniformizar as partículas, usou-se um moinho de facas tipo Willye, em peneira de 30 mesh, sendo acondicionado em recipientes plásticos herméticos e mantido à temperatura ambiente.

Caracterização físico-química

Análises físico-químicas foram realizadas no suco *in natura*, na bebida fermentada, no vinagre e no resíduo desidratado e moído. Para o suco e a farinha do resíduo, avaliaram-se os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e vitamina C, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005) e Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Para a determinação do teor de pectina, utilizou-se o método proposto por CARVALHO et al. (2002).

A determinação de açúcares redutores totais (ART) foi feita com base no método colorimétrico do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), descrito segundo MILLER (1959), realizando-se o tratamento prévio com H₂SO₄ 1,5 M, em banho fervente por 20 min, com agitação ocasional para hidrolisar os açúcares presentes, mas ainda não redutores.

A quantidade teórica de carboidratos (Ca) foi obtida pela Equação 1, após análises de lipídios (L), proteínas (P), umidade (U) e resíduo mineral fixo (cinzas) (C).

$$Ca = 100 - [U + C + P + L] \quad (1)$$

As análises de variância e comparação entre as médias, pelo teste de Tukey, foram realizadas pelo programa *Assistat* beta 7.4 (SILVA & AZEVEDO, 2006), com 5% de probabilidade.

Para a rotulagem nutricional obrigatória do suco de laranja Lima, seguiu-se a Resolução RDC n.º 360/03 e a Portaria SVS/MS 27/98 (13/01/98) referente à Informação nutricional complementar. O valor calórico (VC) foi estabelecido pela Equação 2. Para fins de apresentação da informação nutricional em percentuais de Valores Diários, foram estabelecidos valores de referência, com base numa dieta de 2.000 calorias, ou seja, 8400 kJ.

$$VC(kcal) = 4.Ca + 4.P + 9.L \quad (2)$$

Para a caracterização da bebida fermentada, determinou-se o extrato seco (teor de sólidos totais e solúveis) e as acidez total, fixa e volátil (meq/L), segundo as normas do Instituto Adolf Lutz (IAL,

2005). O teor de açúcares redutores totais foi obtido pelo método do DNS (MILLER, 1959) e o de etanol, por destilação e análise espectrofotométrica, pelo método do dicromato (AOAC, 2005), adaptado por ABUD (1997).

Processo de fermentação e caracterização da bebida fermentada

Utilizou-se uma concentração de 250 g de suco/L e a adição de açúcar (sacarose) ao mosto (chaptalização) ocorreu até o ajuste de sólidos solúveis em 20 °Brix, sendo o pH ajustado para 4,5 com solução de carbonato de sódio. Como nutrientes, foram adicionados sulfato de magnésio (0,1 g/L) e fosfato de amônio (1,0 g/L). Após esterilização do mosto a 65 °C por 30 minutos e resfriamento até 35 °C, realizou-se a sulfitação (0,1 g/L de metabissulfito de sódio) e deu-se início à fermentação. Utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sob a forma de fermento biológico seco instantâneo, na concentração inicial de 0,02 g/L (10⁷ células/mL), sendo o processo conduzido a temperatura ambiente, sem agitação e sem controle de pH. O final da fermentação se deu pela estabilização do teor de sólidos solúveis.

A trasfega, ou mudança do vinho de um recipiente para outro, teve a finalidade de separar as leveduras, outros organismos (principalmente bactérias), resíduos sólidos e matérias orgânicas que vão sendo depositados no fundo do recipiente (MADRID., 1996). Após maturação, a bebida fermentada foi filtrada e engarrafada, sendo pasteurizada a 60 °C por 30 min.

Processo de produção do vinagre

A fermentação acética foi conduzida por bactérias ácido-acéticas provenientes de um vinagre forte não pasteurizado, fornecido pela indústria de vinagre Maratá (Lagarto-SE), permitindo a formação da mãe do vinagre. Utilizou-se uma vinagreira artesanal, imitando o processo Orleans, com algumas adaptações (ARAÚJO et al., 2012).

Ao se atingir a acidez mínima de 4%, uma parte do vinagre foi retirada (80%), filtrada em papel qualitativo (filtração rápida) e pasteurizada a 65 °C por 5 min. Para a caracterização do vinagre foram realizadas análises de etanol, acidez, extrato seco e resíduo mineral fixo.

Extração do óleo da casca de laranja

A extração do óleo da casca de laranja Lima foi realizada na casca inteira, na casca triturada e na casca seca triturada em liquidificador. O procedimento de extração foi realizado em aparelho Clevenger, por hidrodestilação, na proporção 50:150 (m/v). O vapor formado foi condensado e o óleo, que é imiscível em água, foi facilmente separado, alojando-se no fundo do tubo separador. Realizou-se leitura do volume de óleo essencial extraído e o transferiu para um frasco âmbar de 2 mL, ao qual foi adicionada pequena quantidade sulfato de sódio anidro, para absorver as moléculas de água presentes no óleo. Posteriormente, o óleo foi transferido para um frasco escuro, com tampa e batoque, armazenado sob refrigeração. Realizou-se, também, a extração por embebição (imersão) em água e em álcool.

Extração da pectina

O processo de extração de pectina foi realizado de acordo com a metodologia de CANTERI-SCHEMIN et al. (2005), com algumas modificações, a partir de planejamento de experimentos. A extração foi conduzida em frascos Erlenmeyer de 250 mL, contendo 150 mL de solução e 3 g do resíduo, em banho-maria Dubnoff a 50 rpm, sem refluxo. O extrato ácido quente foi filtrado em gaze e resfriado em banho de gelo, sendo centrifugado por 20 min a 3500 rpm e o sobrenadante separado. Ao sobrenadante foi adicionado etanol 92,8 °GL (1:2 v/v) e esta mistura agitada por 10 min, sendo, posteriormente, deixada em repouso por 1 h para permitir a precipitação da pectina. A pectina precipitada foi separada por filtração, lavada com etanol absoluto e seca em estufa de circulação forçada de ar a 50 °C até peso constante.

Como critério de classificação das pectinas, avaliou-se o rendimento mássico, por gravimetria, e o grau de esterificação (DE), pelo método de titulação potenciométrica (BOCHECK et al., 2001).

Incorporação em alimentos

Antes do uso dos resíduos no preparo de alimentos, foram realizadas análises microbiológicas, sendo pesquisadas as ocorrências de coliformes totais e fecais, de bolores e de leveduras (VANDERZANT & SPLITTSTOESSER, 1992).

Na incorporação da farinha do albedo de laranja Lima em alimentos, foram avaliados biscoitos e pão de forma. Foram desenvolvidos biscoitos macerados e não macerados, com diferentes percentuais de farinha do resíduo (5, 15 e 20%) à farinha de trigo. No preparo da massa, além da farinha, adicionou-se apenas manteiga e açúcar. Para cada 130 g de farinha (farinha de trigo + resíduo) foram adicionados 85 g de manteiga e 100 g de açúcar. Os biscoitos foram assados a 200 °C por cerca de 20 min. Logo após a saída do forno, foram resfriados à temperatura ambiente e acondicionados em recipientes plásticos.

Os pães de forma foram preparados em panificadora Multipane Britânia, conforme instruções do manual para um pão normal (2/3 copo (160 mL) de água, 1 colher de sopa de margarina, 1 colher de chá de sal, 1 colher de sopa de leite em pó, 1 colher de sopa de açúcar, 2 copos de farinha (farinha de trigo + farinha de resíduo), 1 colher de chá de fermento biológico seco instantâneo). Em função do tempo de preparo (3 h), cada pão foi analisado em separado. Foram escolhidas as opções pão normal, quantidade 450 g e cor clara.

Análise sensorial

Foram feitas avaliações sensoriais no suco, vinho e vinagre de laranja Lima, bem como em biscoitos e pães incorporados com farinha do resíduo. Principal atributo de qualidade de um produto pelo consumidor, comparando-se textura, aparência, sabor e aroma, tais análises

foram conduzidas com no mínimo 25 provadores não treinados, de ambos os sexos, incluindo alunos de graduação e de pós-graduação, professores e funcionários da Instituição, escolhidos aleatoriamente, entre as faixas etárias e classes sociais diferentes. (TEIXEIRA et al., 1987).

As amostras foram avaliadas quanto à aceitabilidade da aparência, textura, cor, sabor e aroma por meio da escala hedônica de 9 pontos, com o valor máximo correspondendo a "gostei muitíssimo", o médio a "indiferente" e o mínimo a "desgostei muitíssimo" (FERREIRA, 2000), de acordo com a metodologia apresentada por TEIXEIRA et al. (1987). Avaliou-se, também, a atitude dos consumidores em relação à frequência de consumo da bebida/alimento, por meio de escala de ação de 9 pontos, com valor mínimo (1) correspondendo a "só beberia/comeria se fosse forçado" e máximo (9) a "beberia/comeria isto sempre que tivesse oportunidade". Os dados das notas atribuídas foram quantificados e analisados estatisticamente. As letras representam a análise de variância e teste de Tukey para verificar as diferenças entre os resíduos, usando o programa de *Assistat* beta 7.4 (SILVA & AZEVEDO, 2006), a 5% de probabilidade.

No suco, para encontrar uma forma de conservar as características organolépticas da fruta processada e sob refrigeração, diferentes acidulantes de grau alimentício (suco de limão e ácido cítrico) e concentrações foram avaliadas. Para o suco de limão, utilizaram-se proporções de 3,3%, 16,7% e 23,3% (v/v) e, para o ácido cítrico, 0,1% e 0,3% (m/v) em relação ao suco de laranja Lima.

Para a bebida fermentada, amostras de 15 mL, previamente resfriadas, foram codificadas com números aleatórios e servidas para os consumidores em copos em forma de tulipa (vinho), feito de material plástico. Comparou-se a bebida com vinho branco comercial. Também se fizeram testes com adição de óleo essencial extraído à bebida fermentada.

Para as amostras de vinagres, foram realizadas análises de cor e aroma a cada 15 dias, visando acompanhar o seu envelhecimento. Nas amostras, servidas em tubos plásticos e codificadas com letras aleatórias, orientou-se os analistas para cheirar um frasco com pó de café, a fim de neutralizar o aroma entre uma amostra e outra.

Uso do resíduo como adsorvente

As capacidades adsorptivas foram avaliadas em frascos de vidro de 100 mL, usando-se 1% (m/v) para concentração de biomassa e 100 mg/L de solução corante, em incubador rotativo (*shaker*) a 30 °C e 100 rpm.

As concentrações de corante foram obtidas por leitura em espectrofotômetro UV-VIS a partir de curva padrão obtida a 665 nm. Variou-se o pH das soluções (2 a 12,5) para verificar o efeito da mesma no processo adsorptivo. As Equações 3 a 5 determinaram, respectivamente, a concentração do corante (Q), o percentual de remoção (%*Rem*) e a capacidade adsorptiva (q).

$$Q = Abs.Fc.D \quad (3)$$

$$\% Rem = \frac{(Q_i - Q_f).100}{Q_i} \quad (4)$$

$$q = \frac{(Q_i - Q_f).V}{m} \quad (5)$$

onde: *Abs* = absorvância lida a 665nm, *Fc* = fator da curva, *D* = diluição, Q_i = concentração inicial (mg/L), Q_f = concentração do corante (mg/L), q = capacidade de adsorção (mg/g), *V* = volume de solução (L), *m* = massa de albedo (g)

Fermentação semissólida para a produção de enzimas

Fez-se uso de uma cepa de *Aspergillus niger* isolada do solo, gentilmente cedida pelo Departamento de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A manutenção da cultura era feita em tubos inclinados contendo ágar batata dextrose (PDA).

As fermentações foram conduzidas a 30 °C em frascos Erlenmeyer, cobertos com tampão de algodão. O volume de solução mineral [(NH₄)₂SO₄, 10 g/L; MnSO₄, 0,005 g/L; MgSO₄.7H₂O, 1 g/L; FeSO₄.7H₂O, 0,005 g/L; KH₂PO₄, 3 g/L; ZnSO₄, 0,005 g/L e CaCl₂, 0,5 g/L] adicionado a cada frasco foi previamente definido, de forma a se ter um conteúdo final de umidade em torno de 60%. Os frascos foram inoculados com uma suspensão de 2,9.10⁷ esporos por grama de resíduo, preparada em Tween-80 0,1% (v/v).

As atividades de pectinase e de poligalacturonase (exo-poligalacturonase) foram medidas por DNS (SILVA et al., 2002), tendo como padrão uma curva de ácido galacturônico. As atividades de avicelase e carboximetilcelulase foram realizadas conforme metodologia descrita por MARTIN et al. (2004), realizada por DNS, tendo como padrão uma curva de glicose. Uma unidade de atividade foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ácido galacturônico/glicose por minuto, nas condições de ensaio.

Produção de etanol 2G

Foram realizados três pré-tratamentos: (1) ácido (H₂SO₄); (2) básico ou alcalino (NaOH); (3) hidrotérmico (água destilada), otimizando suas condições a partir de planejamentos experimentais. O tratamento dos dados foi obtido a partir do *Statistica* 8.0, sendo as variáveis resposta o rendimento mássico (RM), o teor de açúcares redutores totais (ART) liberados

no licor do pré-tratamento e o de sólidos solúveis totais (SST (°Brix/g_{biomassa})) no licor.

Para a hidrólise enzimática da biomassa pré-tratada, fez-se uso da enzima Celulase de *Aspergillus spp.* SIGMA-ALDRICH®, na proporção de 1:2 (g:mL), sendo adicionados 0,5 g de resíduo, 30 mL da solução tampão de citrato 50 mM e pH 4,8 e 1 mL enzima. O frasco com essa suspensão foi levado à reação em banho Dubnoff, a 48 °C e 100 rpm durante 96 h.

A fermentação ocorreu utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, na forma de fermento biológico seco instantâneo, pré-cultivada em meio YPD (20 g/L de glicose, 10 g/L de extrato de levedura e 20 g/L de peptona), de forma a se obter no início do processo fermentativo concentração celular em torno de 10⁷ cél/mL. O meio de fermentação foi suplementado com MgSO₄ (1 g/L), NH₄H₂PO₄ (1 g/L) e CaCl₂ (0,1 g/L), em um volume total de 10% (V_{suspensão}/V_{meio}). A fermentação foi encerrada após 48 h. As eficiências ou rendimentos teóricos de processo e de fermentação foram calculadas pelas Equações 6 e 7, proveniente da equação de Gay-Lussac (0,511 g etanol/g glicose), levando em consideração a quantidade de ART para a hidrólise enzimática.

$$\eta_P(\%) = 100 \frac{E_{final} - E_{inicial}}{0,511 \cdot ART_{inicial}} \quad (6)$$

$$\eta_f(\%) = 100 \frac{E_{final} - E_{inicial}}{0,511 \cdot (ART_{inicial} - ART_{final})} \quad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química do suco e do resíduo

Os frutos de laranja Lima utilizados para extração de suco se encontravam em fase de maturação, resultando em um líquido amarelo claro, de sabor doce e aroma da fruta. A Tabela 1 apresenta as

análises físico-químicas do suco de laranja Lima, que obteve um rendimento na faixa de 45,46 ± 6,87% em relação ao peso da fruta (ABUD & NARAIN, 2010), e dos diferentes resíduos, desidratados e moídos.

Tabela 1. Características físico-químicas do suco de laranja Lima e da farinha dos resíduos

Análise	Suco	Casca	Albedo	Albedo + sementes
pH	5,8 ± 0,0			
Sólidos solúveis (°Brix)	11,0 ± 0,0			
Acidez (g ác. cítrico/ 100 g)	0,34 ± 0,06	0,11 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,01
Densidade (g/mL)	0,98 ± 0,02			
Valor calórico (kcal/100g)	38,07 ± 0,93	-	370,60 ± 7,47	414,20 ± 20,74
Açúcares redutores totais (g/100 g)	11,35 ± 0,20	-	42,52 ± 6,46	-
Carboidratos (g/100 g)	9,17 ± 0,22	-	78,17 ± 1,30	66,92 ± 4,12
Lipídios (g/100 g)	0,03 ± 0,01	-	4,93 ± 1,98	14,21 ± 5,71
Umidade (g/100 g)	89,92 ± 0,08	13,47 ± 0,18	10,05 ± 0,10	10,61 ± 0,23
Proteína (g/100 g)	0,30 ± 0,10	4,84 ± 0,14	3,38 ± 0,09	4,65 ± 0,30
Cinzas (g/100 g)	0,48 ± 0,15	5,59 ± 0,08	3,46 ± 0,07	3,61 ± 0,08
Vitamina C (mg/100 g)	28,71 ± 1,27	21,20 ± 0,73	105,78 ± 16,66	115,73 ± 0,00
Pectina (g pectato de cálcio/100 g)	-	5,62 ± 0,07	8,04 ± 0,55	7,20 ± 0,34

A porcentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, com o sabor do fruto, o qual inclui os açúcares e ácidos, também influenciando o rendimento industrial, especialmente o peso final do produto processado. O teor de sólidos solúveis esteve próximo ao determinado por SUGAI et al. (2002) para a laranja pêra (10,99) e apresentou valores de pH, teor de sólidos solúveis e acidez superiores ao encontrado por COUTO & CANNIATTI-BRAZACA (2010), $5,44 \pm 0,06$, $9,11 \pm 0,54$ e $0,23 \pm 0,06$, respectivamente. O *ratio* obtido neste trabalho (32,35), relação entre o teor de sólidos solúveis e o teor de ácidos tituláveis, indicativo do balanço dos componentes do sabor doce:ácido, também foi abaixo do encontrado pelo autor (38,82), porém ainda acima do intervalo de preferência dos consumidores, de 15 a 18, em função da baixa acidez da fruta. A concentração de açúcares em torno de 11,4

g/100 g pode ser comparada com outras frutas tropicais que têm potencial para uso na indústria de bebidas.

Foram gerados 3 diferentes tipos de resíduos: casca, albedo e albedo com sementes. As cinzas, que constituem a fração mineral dos alimentos, sendo formadas pelos micro (alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco) e macronutrientes (potássio, cálcio, magnésio e sódio) e outros componentes minerais, os quais possuem relação direta com o solo em que foi cultivado, apresentaram um valor 37% superior na casca de laranja Lima em relação aos demais. O albedo, fonte de extração de pectina, mostrou bons resultados. O teor de lipídeos no resíduo com sementes foi 65% superior ao sem sementes, levando a um valor calórico 10% superior, ainda que seu teor de carboidratos tenha sido cerca de 17% inferior.

Processo de fermentação e caracterização da bebida fermentada

O processo de fermentação gerou uma bebida de aparência limpa, sem adição de agentes clarificantes, separando o fermento apenas por *trasfega*. A Figura 1

apresenta as curvas dos teores de álcool e de sólidos solúveis durante o processo de fermentação, que levou 12 dias para terminar.

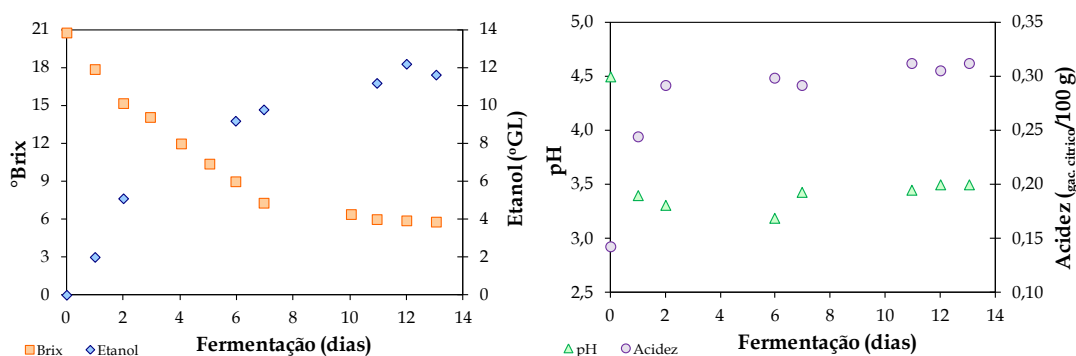


Figura 1. Acompanhamento e visualização do processo de fermentação do vinho de laranja Lima.

A fase tumultuosa da fermentação ocorreu nos sete primeiros dias, com rápido consumo de açúcares e aumento de acidez, seguida por uma diminuição da atividade microbiana, com pequenas variações do teor de sólidos solúveis e liberação de CO₂.

A Tabela 2 mostra as propriedades físico-químicas da bebida fermentada, em comparação aos dados obtidos por CORAZZA et al. (2001), para vinhos de laranja e uva, e KELEBEK et al. (2009) para o vinho de laranja.

Tabela 2. Características físico-químicas da bebida fermentada

Análises	20° Brix	CORAZZA et al. (2001)		KELEBECK et al. (2009)
		Vinho de laranja	Vinho de uva	Vinho de laranja
Densidade a 20°C (g/mL)	0,869 ± 0,005			1,021 ± 0,01
pH	3,50 ± 0,00	3,2	2,9	3,60 ± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	6,9 ± 0,0	7,0	6,5	
Etanol (°GL)	14,1 ± 0,9	10,6	10,3	12,6 ± 0,02
Extrato seco (%)	2,02 ± 0,07			
Açúcar redutor total (g/L)	35,11 ± 2,89			48,78 ± 2,71
Açúcar redutor (g/L)	4,36 ± 0,56			
Acidez total (meq/L)	48,18 ± 0,00			
Acidez volátil (meq/L)	2,25 ± 1,47			
Acidez fixa (meq/L)	45,93 ± 1,47			
Cinzas (%)	0,17 ± 0,02			0,28 ± 0,02

A bebida está em conformidade com a legislação (BRASIL, 1997), quanto à graduação alcoólica de 4 a 14% em volume, a 20 °C, mas superior ao encontrado pelos outros autores. A acidez total ficou abaixo do exigido pela legislação brasileira para vinhos de mesa (55-130 meq/L) e acidez volátil, indicativo da presença de ácido acético e seus derivados, que distorcem e alteram o aroma

e o sabor do vinho fermentado (SANTOS et al., 2005), dentro dos níveis exigidos (abaixo de 20 meq/L). O pH final da fermentação foi 3,5, valor que dificulta o desenvolvimento de microrganismos (infecções) e alterações no sabor da bebida, mas revelou-se superior aos dados obtidos por CORAZZA et al. (2001) e próximo ao desenvolvido por KELEBECK et al. (2009)

Pela legislação (BRASIL, 1998), o vinho de laranja Lima foi classificado como doce (35 g/L de açúcar), de maior aceitação na região.

Processo de produção de vinagre

A fermentação acética, em vinagreira artesanal, ocorreu à temperatura ambiente. O processo foi iniciado com a adição de 10% de um vinagre forte não pasteurizado a 3,5 L de vinho de laranja Lima contido na vinagreira, sendo diariamente recirculado

até a formação da mãe do vinagre. A adição de novo vinho se fez necessária sempre que houve pouca quantidade de etanol na vinagreira e, conseqüentemente, quando a acidez ainda esteve abaixo do estipulado pela legislação, que tem como 4% a acidez mínima em ácido acético para vinagres de vinho. Na Figura 2 são apresentadas as cinéticas de consumo de etanol e formação de ácido acético ao longo do processo de fermentação acética.

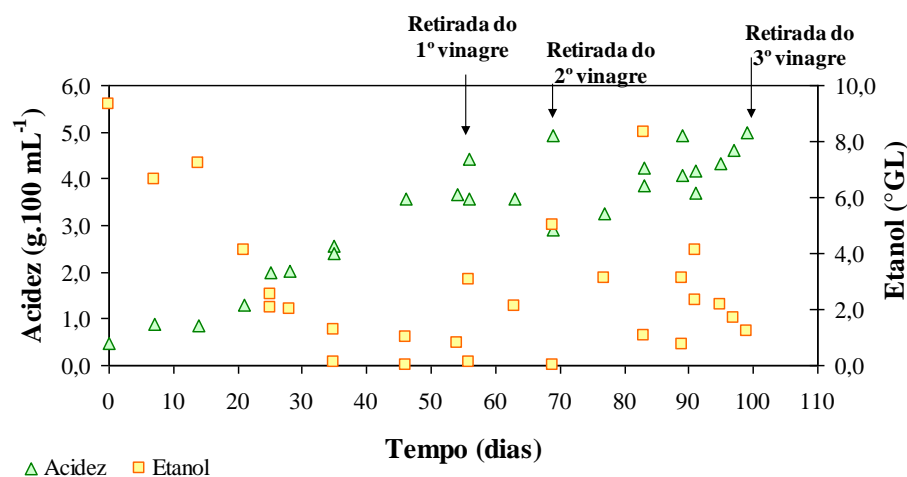


Figura 2. Acompanhamento cinético da fermentação acética.

Observou-se, no 14º dia, um aumento do etanol e uma pequena queda na acidez em ácido acético, resultado da falta de recirculação na segunda semana. O retorno da recirculação levou ao aumento de acidez e diminuição do teor alcoólico até o 25º dia, quando se percebeu o surgimento da mãe do vinagre e foram acrescentados 250 mL de vinho, aumentando em 0,5 °GL o teor alcoólico e mantendo constante a acidez. Com um mês e vinte seis dias obteve-se um vinagre com 4,41 g de ácido acético/100 mL de vinagre, teor alcoólico de 0,10 °GL e pH de 2,70, sendo retirado da vinagreira para avaliação físico-química, microbiológica e sensorial. A partir da obtenção do primeiro vinagre, os demais vinagres foram então obtidos em pouco tempo, em função da formação da mãe do vinagre.

O processo apresentou ausência de sujidades, mostrando-se como um líquido

límpido e transparente de aroma característico. Os mesmos encontraram-se dentro das especificações brasileiras (BRASIL, 2012), ou seja, acidez volátil mínima de 4 g ácido acético/100 mL, extrato seco mínimo de 6 g/L, teor de álcool residual máximo de 1 °GL e 1 a 5 g/L de cinzas.

Verifica-se, na Tabela 3, um teor etanólico elevado no 3º vinagre produzido, mas ainda em conformidade com as exigências estabelecidas pela legislação. O pH também não ultrapassou o limite aceito por lei, o qual varia de 2,69 a 2,83 para vinagres de vinho branco e 2,72 a 2,81 para vinagres de vinho tinto (EMBRAPA, 2008). A exceção ocorreu no extrato seco do 2º vinagre, provavelmente em função da sua rápida obtenção do vinagre, em menor tempo que os demais.

Tabela 3. Análises físico-químicas dos vinagres após envelhecimento

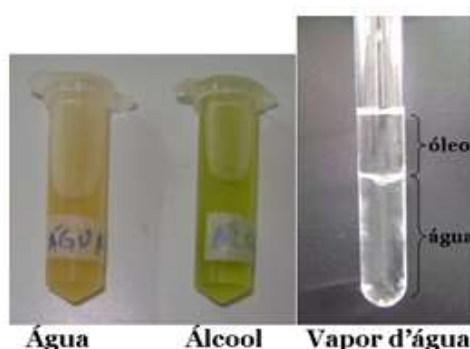
Vinagre	Análises				
	pH	Acidez (g/100 mL)	Etanol (°GL)	Extrato seco (g/L)	Cinzas (g/L)
1°	2,41	4,30	0,00	6,18 ± 0,21	1,63 ± 0,11
2°	2,44	5,05	0,00	5,07 ± 0,19	3,30 ± 0,03
3°	2,41	5,23	1,00	6,97 ± 0,12	3,43 ± 0,07

Extração do óleo da casca de laranja

Diferente da embebição, a extração com vapor d'água apresentou um óleo transparente e de aroma intenso. Foram realizados diferentes tempos de extração e o maior volume de óleo obtido foi na

extração após 3 h. Os extratos obtidos são apresentados na Figura 3.

O óleo essencial extraído nessa etapa foi incrementado à bebida fermentada de laranja Lima para melhoramento organoléptico.

**Figura 3.** Aparência dos óleos extraídos da casca da laranja.**Extração de pectina**

A Tabela 4 e a Figura 4 mostram que os rendimentos médios de pectina variaram entre 5,65% e 47,63%, notando-se maiores valores de nos experimentos 5, 6 e 8, a 90 °C. Os experimentos 1, 3 e 4, a 50 °C, apresentaram os menores rendimentos.

Notou-se, também, uma relação inversa entre o rendimento e o grau de esterificação, onde os experimentos de menor rendimento (3 e 4) apresentaram grau de esterificação superior a 50% (64,66 e 85,24, respectivamente), classificando a pectina como de alto teor de metoxilação.

Tabela 4. Planejamento e rendimento da pectina extraída.

Amostra	Massa farinha (g)	Planejamento			Pectina extraída (g)	Rendimento (%)	DE (%)
		T (°C)	C (%)	Tempo (min)			
1	3,0160	50	2	10	0,31	10,38	35,52
2	3,0635	50	2	70	0,49	16,02	20,81
3	3,0475	50	6	70	0,17	5,65	64,66
4	3,0239	50	6	10	0,23	7,47	85,24
5	3,0165	90	6	70	1,44	47,63	7,16
6	3,1180	90	6	10	1,09	34,97	4,72
7	3,0199	90	2	10	0,55	18,20	39,08
8	3,0107	90	2	70	0,93	30,96	11,96
9	3,0285	70	4	40	0,72	23,82	19,42
10	3,0040	70	4	40	0,61	20,40	6,03
11	3,0362	70	4	40	0,44	14,60	25,77

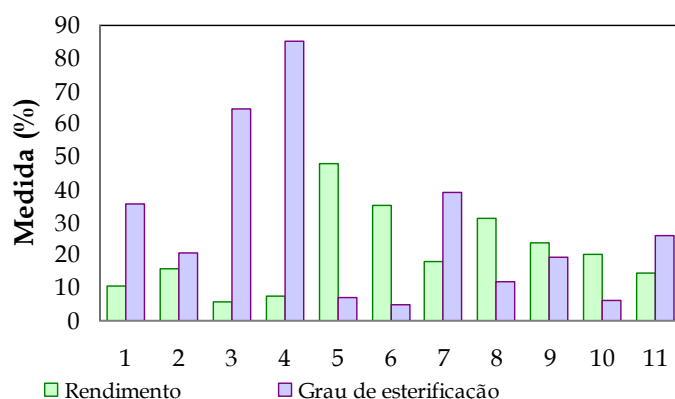


Figura 4. Comportamento do rendimento e grau de esterificação da pectina extraída.

O experimento 5 obteve melhor desempenho, evidenciando melhor eficiência em maior concentração, tempo e temperatura (6%, 70 min, 90 °C). Resultados similares foram citados por KLIEMANN et al. (2005), extraindo pectina de casca de maracujá em temperaturas de 40 a 90 °C, tempos de 10 a 90 min e concentrações de ácido de 1 a 5%, observando-se melhor condição em 5% de ácido cítrico, 90 min e 90 °C. PINHEIRO et al. (2006), estudando a remoção de pectina de maracujá, em concentrações de ácido cítrico de 0,086 a 2,9 % e tempos de 10 a 102 min, verificaram que a menor concentração de ácido, em aquecimento de 60 min, gerava uma pectina com alto teor de metoxilação, sendo a concentração do ácido o principal fator para a extração da pectina, exercendo influência significativa em relação ao grau de esterificação. CHAN & CHAO (2013), empregando resíduos da indústria de cação, conseguiram extrair entre 3,38 e 7,62% de pectina em temperaturas de 50 a 95 °C, tempos de 1,5 a 3 h, concentração de sólidos 1:10 a 1:25 (m/v) e pH's de ácido cítrico na faixa de 2.5 a 4.0, verificando que a 95 °C, 3 h e 1:25 (m/v) conseguiu-se extrair mais pectina, caracterizada como baixo grau de metoxilação, indicando que a temperatura oferece um fator positivo na solubilização dessas pectinas, assim como a maior concentração de ácido cítrico. MUNHOZ et al. (2010), extraindo pectina de goiaba desidratada, em tempos de 35 a 95 min de aquecimento e concentração de ácido cítrico na faixa de 3,5 a 7%, observaram

que a concentração de ácido e o maior tempo de extração influenciaram positivamente na remoção da pectina, que possuiu um baixo grau de esterificação (cerca de 40%), enquanto que a comercial era de alta esterificação (cerca de 72%).

Em aplicações industriais, pectinas de baixo grau de esterificação são comumente produzidas em menor quantidade em comparação com as de alto grau. Entretanto, sua extração tem aumentado, pois possibilita a formação de géis estáveis na ausência de açúcares e na presença de alguns íons metálicos, características geleificantes desejáveis para alimentos dietéticos e de baixo teor de calorias, sendo empregadas como fibra dietética solúvel, espessante e estabilizante de emulsões em alimentos (SHARMA et al., 1998; YAPO et al., 2007; CHAN & CHAO, 2013).

Incorporação do resíduo em alimentos

Para comprovar as condições higiênicas do resíduo desidratado, foram realizadas análises microbiológicas de coliformes fecais e termotolerantes, bactérias heterotróficas e bolores e leveduras. Uma das amostras, mesmo após os cuidados de sanitização, não apresentou resultados satisfatórios, sendo necessário o seu descarte para uso alimentício, evidenciando a necessidade das condições higiênicas do resíduo para uso futuro como alimento. A partir dos resíduos conformes foram produzidos os biscoitos e pães.

Análise sensorial

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos no painel sensorial, para o uso de acidulantes na conservação das características do suco de laranja Lima sob

congelamento, revelando que, para manter a qualidade organoléptica e estabilidade da polpa de laranja Lima, a adição de 3,3% (v/v) de suco de limão obteve maior aceitação em todos os atributos avaliados.

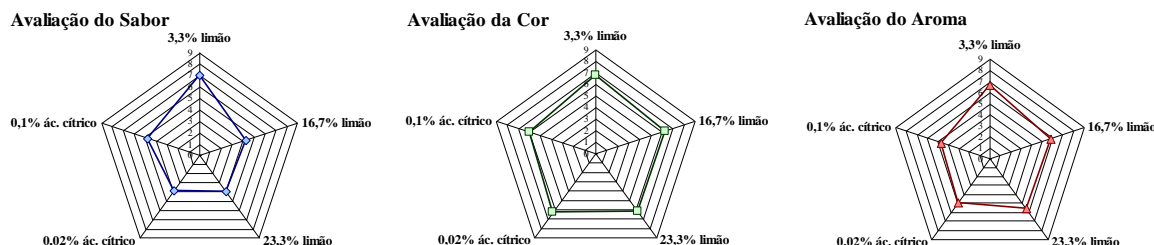


Figura 5. Análise sensorial dos atributos sabor, cor e aroma do suco de laranja Lima frente a diferentes acidulantes e concentrações.

A adição de 0,1% (m/v) de ácido cítrico foi a segunda melhor aceitação no sabor e na frequência de consumo por parte dos avaliadores, mas o aroma do suco de limão sempre foi mais aceito do que a presença do ácido cítrico. A análise da frequência de consumo, também avaliada

pelo teste de escala hedônica de pontos, é apresentada na Figura 6. A média dos resultados da degustação indicou a nota 4, que representa “gosto disto e beberia de vez em quando”, garantindo a qualidade da fruta processada e a manutenção da estabilidade organoléptica da bebida.

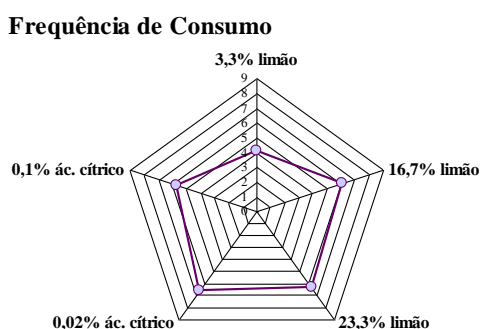


Figura 6. Frequência de consumo das amostras do suco de laranja Lima frente a diferentes acidulantes e concentrações.

Tabela 5. Informação nutricional do suco de laranja Lima comercializado.

Informação nutricional		
Porção de 150 mL (pacote)		
Quantidade por porção		% VD (*)
Valor calórico	57 kcal	3%
Carboidratos	14 g	5%
Proteínas	0,5 g	1%
Gorduras totais	0 g	0%
Vitamina		% IDR (**)
Vitamina C	43 mg	48%

* Valores Diários com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores, dependendo de suas necessidades energéticas. ** Ingestão Diária Recomendada para Adultos

Os sucos processados, então, sofreram a adição de suco de limão e foram armazenados em freezer. Após 9 meses de armazenamento, a análise de vitamina C da polpa congelada resultou em $19,52 \pm 1,15$

A análise sensorial de vinhos com 25 provadores não treinados, baseada na avaliação de aparência, aroma e sabor da bebida, bem como no índice de aceitação, é apresentada na Tabela 6 e na Figura 7. Uma vez que os óleos essenciais podem ser utilizados como aromatizantes em alimentos, também se fez um teste sensorial com o óleo extraído da casca de laranja por hidrodestilação.

A pontuação média de 6 pontos na escala hedônica significa “gostei ligeiramente”. Observou-se que o vinho de laranja Lima não apresentou diferenças significativas ao nível de 5%, mas adição de 0,02% do óleo essencial extraído da

mg/100 g, indicando uma perda da vitamina, porém não total. A Tabela 5 apresenta a rotulagem de suco processado adicionado de suco de limão e envasado em embalagens plásticas de 150 mL.

casca aumentou o grau de aceitação em relação à bebida, em função da reestruturação do sabor perdido no aquecimento e/ou processo fermentativo. Ainda assim, a bebida fermentada de laranja Lima, sem a adição do óleo essencial, apresentou resultados próximos à nota 7 da escala hedônica, indicando “gostei regularmente”. No teste de atitude, a nota média obtida para as bebidas de laranja Lima foi 4, “gosto disto e beberia de vez em quando”. A bebida com 20° Brix teve uma aceitação de 75,6%, que foi otimizada com a adição de 0,02% de óleo, melhorando seu valor para 87,5%.

Tabela 6. Avaliação sensorial das amostras de vinho com e sem adição de óleo

Amostra de vinho	Aparência	Sabor	Aroma	Avaliação geral	Índice de aceitabilidade (%)
Comercial (uva)	$7,6 \pm 1,1^a$	$7,4 \pm 1,3^a$	$7,3 \pm 1,4^a$	$7,4 \pm 1,0^a$	82,2
Laranja Lima	$7,6 \pm 1,1^a$	$6,8 \pm 2,0^a$	$6,6 \pm 1,2^a$	$6,8 \pm 1,9^a$	75,6
Laranja Lima c/ 0,02% óleo essencial	$7,6 \pm 1,2^a$	$6,8 \pm 1,8^a$	$7,5 \pm 1,2^a$	$7,0 \pm 1,8^a$	87,5

letras diferentes em cada linha significam que as amostras foram significativamente diferentes ($p < 0,05$)

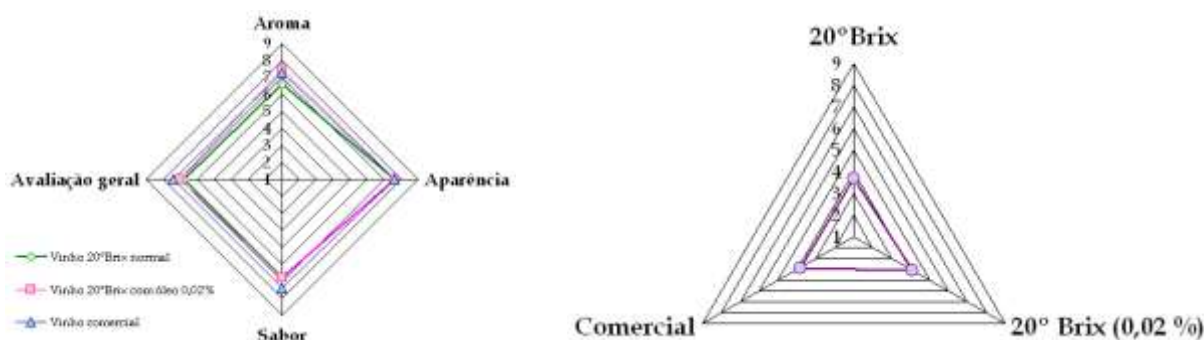


Figura 7. Avaliação sensorial dos vinhos.

A aceitação dos vinagres, avaliando-se os atributos de cor e aroma (Tabela 7), além de inferior a 70%, foram cerca de 8%

inferiores ao vinagre comercial, indicando a necessidade de melhoria do processo.

Tabela 7. Índice de aceitação nas análises sensoriais do vinagre.

Amostra	Cor	Aroma
Vinagre comercial de maçã	76,4	74,2
Vinagre de laranja Lima	69,1	69,6

O uso da farinha do albedo da laranja Lima na confecção de biscoitos mostrou que a maceração é importante e que o uso desta na proporção de até 20% em substituição à farinha de trigo tem boa aceitação, sendo passível de

comercialização, ao passo que o produto sem maceração possuiu índice de aceitação inferior a 70% em todos os percentuais de farinha elaborados, em função da presença do sabor amargo (Figura 8).



Figura 8. Avaliação sensorial dos biscoitos elaborados com farinha de albedo e laranja Lima.

Os pães de forma (Figura 9) não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, apesar de o aumento do teor de farinha de albedo influenciar negativamente no sabor e na avaliação geral. Contudo, pode-se perceber uma melhora na apreciação do aroma e da

cor com o aumento da farinha de laranja. A atitude de consumo por parte dos provadores não treinados indicou consumo frequente (3) a de vez em quando (4), mostrando que, junto com o índice de aceitação, os produtos seriam aceitos no mercado.

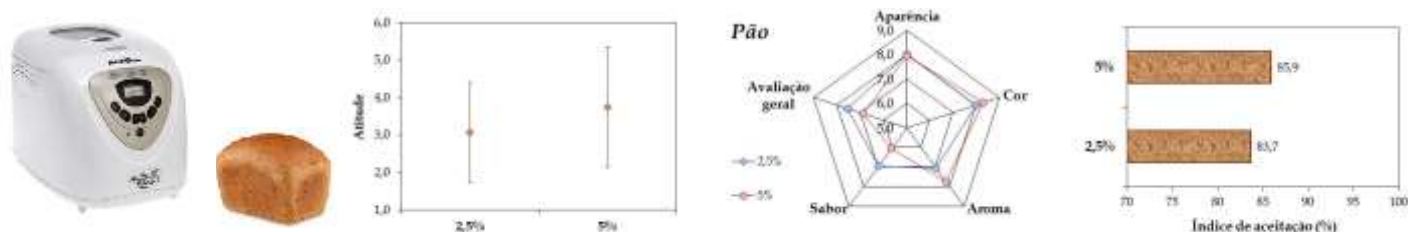


Figura 9. Avaliação sensorial do pão elaborado com farinha de albedo de laranja Lima.

Ainda que os resultados pareçam baixos, esta quantidade já se torna benéfica para o uso do resíduo na incorporação de produtos.

Uso do resíduo como adsorvente

Os resultados encontrados no teste de adsorção de azul de metileno indicam percentual de remoção de 95,34%, tempo de equilíbrio em meia hora e capacidade de adsorção de 8,98 mg/g. Avaliando-se intervalos menores ao longo de 1 h,

observou-se remoção de 92,01%, capacidade de adsorção de 8,70 mg/g e equilíbrio em 20 min.

O percentual de remoção do corante azul de metileno em diferentes pH's (Figura 10) indica que a faixa de pH favorável à adsorção vai de 4 a 9. Nos pH's 11, 12 e 12,5, houveram modificações químicas no corante, quando a cor do mesmo se tornou amarelo-esverdeada e a varredura dos picos de absorbância apresentaram comprimento de onda inferior a 665 nm.

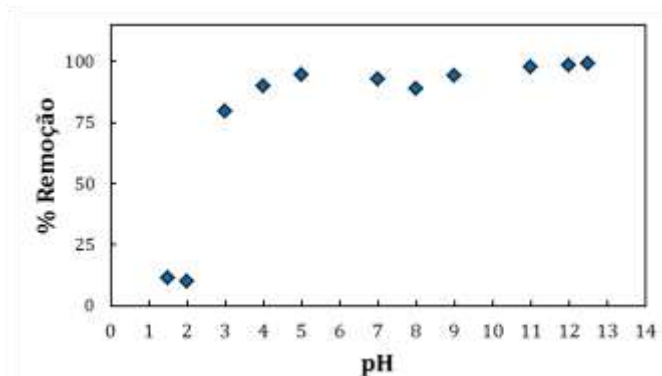


Figura 10. Influência do pH na remoção do corante.

Fermentação semissólida para a produção de enzimas

O acompanhamento cinético da fermentação é ilustrado na Figura 11, onde se observa queda significativa do pH nos primeiros instantes de cultivo, quando se

obteve maiores atividades pectinolíticas. Após 95 h de fermentação, o pH voltou a se elevar, permitindo crescimento das enzimas lignolíticas, avicelase (AV) e carboximetilcelulase (CMC), além de pectinase (P).

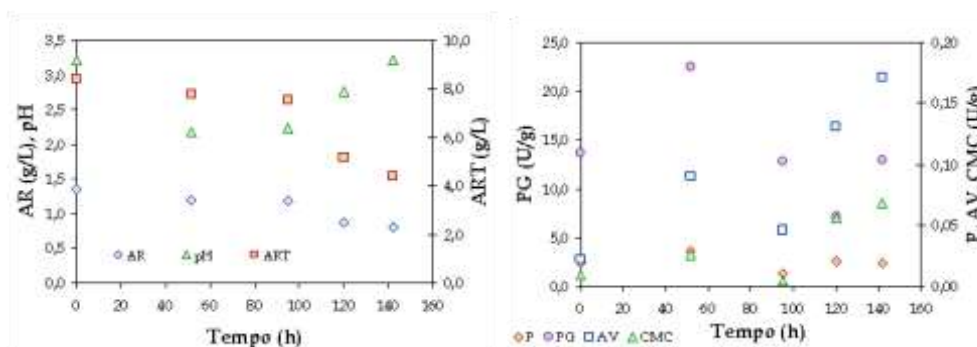


Figura 11. Cinética da fermentação semissólida para o bagaço de laranja Lima.

Houve um consumo de 47,8% nos açúcares redutores totais. A maior atividade da poligalacturonase (PG) foi 22,5 U/g (3,36 U/mL) e de pectinase foi de 3,63 U/g (0,54 U/mL), ambas em 51 horas de fermentação. SOUZA et al. (2010) obtiveram produção máxima de 20,9 U/g de poligalacturonase em resíduo de maracujá. SANTOS et al. (2008) alcançaram, em pedúnculo de caju, 10,1 U/g de poligalacturonase, para uma umidade inicial de 40% e concentração de fonte de nitrogênio igual a 1%. BOTELLA et al. (2007) observaram o efeito da umidade inicial e a suplementação com uma fonte de carbono na produção de pectinase e xilanase por *Aspergillus awamori*, em

polpa de uva, conseguindo máxima produção de 40 U/mL, em 48 h de cultivo.

A produção de avicelase e de carboximetilcelulase foi maior em 142 h de fermentação, gerando 0,17 U/g (0,05 U/mL) e 0,07 U/g (0,02 U/mL), respectivamente. De acordo com CASTRO & PEREIRA Jr (2010), as celulases produzidas por fungos filamentosos apresentam valores ótimos de pH na faixa ácida (3,6-5,0). Durante esse cultivo, os valores de pH variaram de 2,2 a 3,2. Logo, a baixa atividade celulolítica detectada provavelmente ocorreu em função do baixo pH, comprovando a importância desse parâmetro físico-químico na atividade enzimática.

Produção de etanol de 2ª geração

A Tabela 8 apresenta os resultados com o resíduo pré-tratado em soluções ácidas, obtendo-se entre 27 e 62% na liberação de açúcares na fração líquida após o pré-tratamento, o que indica forte influência das variáveis analisadas no processo de sacarificação. Percebeu-se que, independente da temperatura, baixa concentração de biomassa e alta

concentração de ácido geraram quantidades elevadas de substâncias dissolvidas em relação à biomassa utilizada. Assim, além da fração hemicelulósica e pectínica, uma porção de outro carboidrato, provavelmente celulose, também foi liberada no processo. O rendimento mássico variou entre 30 e 40%, não sendo uma faixa tão significativa quanto à obtida pelos açúcares.

Tabela 8. Planejamento experimental do pré-tratamento ácido do resíduo de laranja Lima

Ensaio	Condição			Pré-tratamento ácido			Hidrólise	Fermentação	
	T (min)	C _{ác} (%)	C _{bio} (%)	ART (%)	RM (%)	SST (%)	ART (%)	η_P (%)	η_f (%)
1	15	1	1	52,29 ± 2,03	41,43 ± 4,82	1,65 ± 0,07	9,11	7,21	7,83
2	120	1	1	65,52 ± 14,50	36,02 ± 4,34	2,23 ± 0,05	6,00	9,49	11,12
3	15	1	9	26,37 ± 1,08	41,15 ± 1,48	0,59 ± 0,02	5,46	31,29	62,2
4	120	1	9	39,59 ± 5,82	40,14 ± 5,06	0,70 ± 0,00	4,20	30,25	39,5
5	15	5	1	62,53 ± 11,63	41,16 ± 3,13	6,62 ± 0,11	6,83	12,82	15,12
6	120	5	1	56,70 ± 2,79	32,90 ± 3,61	7,06 ± 0,19	9,29	16,98	18,69
7	15	5	9	32,89 ± 6,66	39,60 ± 0,07	0,97 ± 0,02	8,33	16,3	18,22
8	120	5	9	33,95 ± 9,24	34,73 ± 1,29	2,11 ± 0,01	6,76	15,55	19,55
9	67,5	3	5	26,40 ± 5,79	34,83 ± 0,15	1,73 ± 0,02	8,00	11,5	12,87
10	67,5	3	5	28,68 ± 1,45	35,82 ± 0,19	1,72 ± 0,06	8,33	11,04	12,66
11	67,5	3	5	29,30 ± 0,57	30,62 ± 6,22	1,71 ± 0,07	7,02	19,34	23,76

T = tempo C_{ác} = concentração de ácido C_{bio} = concentração de biomassa ART = açúcares redutores totais RM = rendimento mássico SST = sólidos solúveis totais

VACCARINO et al. (1989), no pré-tratamento de casca de laranja em ácido sulfúrico (0,2 a 0,6%) e C_{biomassa} (7,4 a 18,5%) a 100 °C por 1,5 h, indicaram aumento do rendimento mássico (39 e 62%) com o aumento da C_{biomassa} e concentração de sólidos 1 a 9%. Observaram, ainda, que os açúcares redutores totais liberados no licor variaram

entre 21,3 a 45,8%, sendo os maiores valores obtidos em maior concentração de ácido e menor concentração de biomassa, semelhante a este estudo.

TALEBNIA et al. (2008), na hidrólise do bagaço de laranja em C_{biomassa} (2 a 18% (m/v)), C_{ácido} (0 a 1% (m/v)), temperaturas de 100, 108, 116, 124 e 132 °C e tempo de aquecimento em autoclave

entre 5 e 25 min, observaram melhor sacarificação em 116 °C, C_{ácido} 0,5%, C_{biomassa} 6% e 15 min de aquecimento, atingindo 45% de sacarificação.

Apresentaram, ainda, que a formação de HMF, com respectiva degradação dos açúcares sacarificados, começou a ser detectada nas maiores temperaturas (≥ 124 °C), maiores tempos de aquecimento (>15 min), C_{ácido} ($\geq 0,75\%$) e C_{biomassa} (4%).

Para a hidrólise enzimática, o aumento da C_{ácido} ofereceu influência positiva, que pode ser atrelada à pectina, constituinte de elevado valor e que se solubiliza em meio ácido (GROHMANN et al., 1995).

No resíduo pré-tratado em soluções alcalinas (Tabela 9) foram obtidas maiores solubilizações da fração líquida (SST),

porém menor teor de sacarificação em relação ao pré-tratamento ácido, resultando em menores rendimentos mássicos (30%), à exceção dos ensaios 3 e 4, provavelmente por possuírem muita biomassa para o

tempo de pré-tratamento (formação de goma). A etapa posterior de hidrólise enzimática foi mais eficiente que a do tratamento ácido devido à menor sacarificação no pré-tratamento.

Tabela 9. Planejamento experimental do pré-tratamento alcalino do resíduo de laranja Lima

Ensaio	Condição			Pré-Tratamento alcalino			Hidrólise	Fermentação	
	T (min)	C _{base} (%)	C _{bio} (%)	ART (%)	RM (%)	SST (%)	ART (%)	η_P (%)	η_f (%)
1	15	1	1	17,07 ± 6,34	31,14	1,80 ± 0,07	13,43	18,95	33,54
2	120	1	1	23,08 ± 6,59	25,81	1,70 ± 0,05	16,27	14,98	20,28
3	15	1	9	1,27 ± 0,34	81,30	1,00 ± 0,02	35,37	7,00	8,22
4	120	1	9	1,51 ± 0,22	69,91	0,10 ± 0,00	10,14	25,77	43,44
5	15	5	1	12,00 ± 5,44	28,09	2,80 ± 0,11	26,65	26,28	40,18
6	120	5	1	19,26 ± 7,26	29,42	2,30 ± 0,19	15,56	33,91	102,55
7	15	5	9	8,36 ± 1,40	27,24	6,60 ± 0,02	23,91	27,04	56,98
8	120	5	9	14,88 ± 2,79	27,67	5,80 ± 0,01	21,46	30,99	55,26
9	67,5	3	5	14,31 ± 6,83	30,30	2,80 ± 0,02	26,88	13,60	16,85
10	67,5	3	5	14,07 ± 4,82	29,00	2,80 ± 0,06	20,57	18,37	31,70
11	67,5	3	5	11,29 ± 4,70	30,78	3,40 ± 0,07	21,22	29,10	37,11

T = tempo C_{base} = concentração de base C_{bio} = concentração de biomassa ART = açúcares redutores totais RM = rendimento mássico SST = sólidos solúveis totais

ROCHA et al. (2009), ao deslignificar bagaço de caju pré-tratado com baixas concentrações de ácido sulfúrico (0,8 mol/L) e C_{base} em torno de 4% por 1 h a 100 °C, alcançaram rendimentos de 75% em comparação com o tratamento com 8% de ácido. Utilizando concentrações de ácido (0,5 a 3,5%) e C_{base} (1,5%), ROCHA et al. (2014) obtiveram conversões de até 60% em glicose. A combinação de processos ácidos e alcalinos poderá ser eficiente no tratamento de resíduos agroindustriais, mas estudos de custos e viabilidade de processo deverão ser realizados. O uso da solução alcalina possui como inconveniente a necessidade de neutralização e descarte, além de

inutilização do licor devido à presença de muitos inibidores oriundos da lignina (JORDAN et al., 2012).

Na Tabela 10 encontram-se os resultados para o tratamento hidrotérmico, onde se observa divergência em relação aos teores de ART e de sólidos solúveis totais (SST) liberados pela biomassa no licor, com valores entre 3 a 37% e 0,30 a 0,95%, respectivamente, sendo os maiores resultados obtidos nas menores concentrações de biomassa. Sugere-se que, com o aumento de biomassa, há uma menor ação autocatalítica, diminuição da relação água/superfície ou degradação dos açúcares devido à exposição por tempo prolongado.

Tabela 10. Planejamento experimental do pré-tratamento hidrotérmico do resíduo de laranja Lima

Ensaio	Condição		Pré-Tratamento hidrotérmico			Hidrólise	Fermentação	
	T (min)	C _{bio} (%)	ART (%)	RM (%)	SST (%)	ART (%)	η_P (%)	η_f (%)
1	15	1	37,35 ± 5,49	51,50	1,80 ± 0,07	8,41	20,1	58,72
2	15	5	6,41 ± 0,50	56,00	1,70 ± 0,05	15,13	9,14	11,52
3	15	9	3,43 ± 0,08	59,46	1,00 ± 0,02	7,45	14,44	22,4
4	67,5	1	25,05 ± 0,84	47,92	0,10 ± 0,00	6,49	28,43	76,86
5	67,5	5	5,75 ± 0,27	52,87	2,80 ± 0,11	9,13	11,78	27,14
6	67,5	9	3,08 ± 0,13	55,55	2,30 ± 0,19	10,09	10,66	29,89
7	120	1	37,02 ± 4,65	46,11	6,60 ± 0,02	11,77	11,75	15,15
8	120	5	8,92 ± 0,81	52,37	5,80 ± 0,01	7,33	18,88	32,92
9	120	9	10,97 ± 1,50	55,76	2,80 ± 0,02	12,01	10,97	26,81

T = tempo C_{bio} = concentração de biomassa ART = açúcares redutores totais

RM = rendimento mássico SST = sólidos solúveis totais

Para o rendimento mássico, houve variação entre 45 e 60%, possuindo como variáveis significativas o aumento da C_{biomassa} (%) e a redução do tempo. GROHANN et al. (1995), em tratamento hidrotérmico com 1% de casca de laranja, temperaturas de 100, 120 e 140 °C e tempo de reação entre 5 e 40 min, obtiveram em 120 °C e 40 min de reação o rendimento mássico variando entre 55 e 65%, com maior tempo resultando em um menor rendimento.

Avaliação técnico econômica e social dos produtos

As técnicas desenvolvidas de produção de vinho e vinagre de laranja Lima e extração de pectina, passadas para a comunidade de Santana do Mundaú, são de fácil aplicação e os resultados obtidos, tanto na avaliação sensorial na Universidade quanto junto aos cooperados, possuíram boa aceitação.

A farinha da laranja Lima, apresentada tanto na forma *in natura* quanto no preparo de biscoito e pães também foram bem aceitas na comunidade.

CONCLUSÕES

Houve a necessidade de um tratamento inicial para a conservação do sabor do suco de laranja Lima, onde da adição de suco de limão, além das

Como o vinho e o vinagre de laranja Lima são produtos a serem trabalhados em excedentes da safra, quando os frutos não atingem os padrões de venda e de processamento para a produção de suco congelado em embalagens de 150 mL, o balanço torna-se positivo quando há interesse.

A extração de óleo por hidrovapor se mostrou uma técnica mais interessante pela qualidade de seu produto podendo ser usado como melhorador organoléptico do suco de laranja Lima.

O uso do albedo de laranja Lima para adsorção de corantes, produção de enzimas e etanol 2G são técnicas em fase inicial de estudos, mostrando que a farinha deste resíduo tem potencial de ser empregada como fonte de renda para os pequenos produtores em aplicações biotecnológicas, desde que adequadamente tratada, ou seja, após processamento dos frutos separação das cascas e conservação em condições higiênicas até a sua secagem, impedindo problemas de degradação e decomposição que ocorrem com o seu descarte inadequado.

características organolépticas, manteve a presença de vitamina C acima de 40% após 6 meses de congelamento.

O vinho de laranja Lima obteve cor e sabor característico dos seus frutos, com teor alcoólico de 13,2 °GL, classificando-o como um vinho suave, e outras características físico-químicas dentro dos padrões da legislação brasileira. Quando adicionado 0,02% de óleo extraído da casca, a aceitação sensorial subiu para 87,5%, superando o vinho comercial. A aceitação do vinagre envelhecido gerou resultados satisfatórios, com índice de aceitação superior a 70%, indicando que o produto possui mercado.

Os resíduos da laranja Lima se mostraram fontes ricas em nutrientes de valor industrial, tornando necessário o desenvolvimento de técnicas adequadas que permitam o seu aproveitamento. A extração de óleo da casca da laranja Lima e da pectina do bagaço, apesar de baixo rendimento, têm se mostrado como práticas de uso eficiente dos resíduos agroindustriais para a produção de compostos de alto valor agregado.

Os biscoitos desenvolvidos com a farinha do albedo tiveram boa aceitação na incorporação de 20% desta à farinha de trigo quando se utilizou o processo de maceração para a retirada do amargor. Também macerados, o pão de forma teve boa aceitação e atitude de consumo

rotineira quando incorporado até 5%, indicando que um percentual maior, apesar da intensidade do aroma ser benéfica, seria prejudicado pelo amargor. Quantidades maiores a serem aplicadas poderiam ser avaliadas com produtos que pudessem mascarar este amargor, a exemplo do chocolate.

O uso da farinha do albedo de laranja Lima na adsorção do corante azul de metileno se mostrou um processo físico e espontâneo, com tempo de equilíbrio de 20 min e remoções superiores a 90%. A produção de enzimas pectinolíticas por fermentação semissólida mostrou resultados satisfatórios na síntese de poligalacturonase, devendo-se avaliar o controle de pH e a umidade no aumento da eficiência de processo. Não foram obtidos resultados expressivos para as enzimas lignolíticas. Para a produção de etanol 2G, percebeu-se que no licor pré-tratado foram sacarificados mais açúcares que na hidrólise enzimática, provavelmente pela severidade das condições utilizadas, fato este positivo, pois o objetivo do trabalho foi o de avaliar o comportamento desses resíduos frente a diversos fatores de severidade, fornecendo uma triagem para futuras otimizações.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, permitindo a compra de equipamentos e estruturação do laboratório, fortalecendo pesquisas e implementação de trabalhos em aproveitamento de resíduos.

Ao SEBRAE-AL e à COOPLAL, pela doação dos frutos e apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.A.P. **Aspectos tecnológicos da gaseificação do vinho de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 1997.

ABUD A. K. S. **Estudo do comportamento cinético e da estabilidade de uma linhagem recombinante de *Saccharomyces***

***cerevisiae* no processo de fermentação alcoólica de amiláceos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao

- desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12(4): 257-265, 2010.
- ALMEIDA, C. O.; PASSOS, O. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P.; SOARES FILHO, W. S. Citricultura brasileira: em busca de novos rumos, desafios e oportunidades na região Nordeste. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, 2011, 160 p.
- ANTIER, P.; MINJARES, A.; ROUSSOS, S.; RAIMBAULT, M.; VINIEGRA-GONZALEZ, G. Pectinase hyperproducing mutants of *Aspergillus niger* C28B25 for solid-state fermentation of coffee pulp. **Enzyme Microbial Technology**, v. 15: 254-260, 1993.
- ARAÚJO, L. T.; SILVA, C. E. F.; ABUD, A. K. S. Produção de vinagre de laranja "Lima" em vinagreira artesanal. *Scientia Plena*, v. 8(12), 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**. 18 ed, Gaithersburg, Maryland, 2005.
- BAKER, R.A. Potential dietary benefits of citrus pectin and fiber. **Food Technology**, v. 48(11): 133-139, 1994.
- BELLIDO, C.; BOLADO, S.; COCA, M.; LUCAS, S.; GONZÁLEZ-BENITO, G.; GARCÍA-CUBERO, M. T. Effect of inhibitors formed during wheat straw pretreatment on ethanol fermentation by *Pichia stipitis*. **Bioresource Technology**, v. 102: 10868-10874, 2011.
- BEROVIC, M.; OSTROVERSNIK, H. Production of *Aspergillus niger* pectolytic enzymes by solid state bioprocessing of apple pomace. **Journal of Biotechnology**, v. 53(1): 47-53, 1997.
- BHARAT, A. **Global markets for enzyme inhibitors**, Jun 2012, 174p. Disponível em: <<http://ptgoarticles.appspot.com/article/report-on-global-markets-for-enzymes-in-industrial-applications>>. Acesso em: 15 abr. 2014.
- BOCCAS, F.; ROUSSOS, S.; GUTIERREZ, M. SERRANO, L.; VINIEGRA, G. G. Production of pectinase from coffee pulp in solid state fermentation system: selection of wild fungal isolate of high potency by a simple three-step screening technique. **Journal Food Science Technology**, v. 31: 22-26, 1994.
- BONIOLO M. R.; YAMAURA, M.; MONTEIRO, R. A. Biomassa residual para remoção de íons urânio. **Química Nova**, v. 33(3): 547-551, 2010.
- BOTELLA, C.; DIAZ, A.; ORY, I.; WEBB, C.; BLANDINO, A. Xilanase and pectinase production by *Aspergillus awamori* on grape pomace in solid state fermentation. **Process Biochemistry**, v. 43(1): 98-101, 2007.
- BRASIL, **Lei nº. 7.678, de 08 de novembro de 1998**. Dispõe sobre a produção, circulação, comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=189>>. Acesso em: 22 maio 2006.
- BRASIL. **Leis, Decretos, etc. Decreto n. 2314, de 4 de set. de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, n. 171, 5 de set. 1997. Seção I, p. 19549. [Regulamenta a lei n. 8918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas]. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/decreto/D2314.htm>> Acesso em: 09 maio 2007.
- CANTERI-SCHEMIN, M.H.; FERTONANI, H.C.R.; WASZCZYNSKYJ, N.; WOSIACKI, G. Extraction of pectin from apple pomace. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48(2): 259-266, 2005.
- CARVALHO, H.H.; JOMG, E.V.; BELLO, R. M. **Alimentos: Métodos físicos e químicos de análises**. 1 ed. Porto

- Alegre: Universidade/UFRGS, 2002, 180p.
- CASIMIRO, A.R.S.; AGUIAR, L.M.B.A.; MEDEIROS, M. C. Vinho de caju. Fortaleza: NUTEC, 1989. 18p.
- CASTILHO, L. R.; ALVES, T. L. M.; MEDRONHO, R. A. Production and extraction of pectinases obtained by solid state fermentation of agroindustrial residues with *Aspergillus niger*. **Bioresource Technology**, v. 71: 45-50, 2000.
- CASTRO, A. M.; PEREIRA JR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulasas na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, v. 33(1): 181-188, 2010.
- CHAN, S.; CHAO, W. Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. **Food Chemistry**, v. 141: 3752-3758, 2013.
- CHAVES, K.O.; GOMES, R.B.; ARAÚJO, R.S.; BUARQUE, H.L.B. Cinética da adsorção de corante índigo carmim em biomassa fúngica morta de *Aspergillus niger* tratada alternadamente com soluções ácida e alcalina. In: **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. João Pessoa, 2007.
- COELHO, Y. S. Citricultura em Alagoas: Referência nacional na produção de laranja 'Lima'. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas, BA. **Citros em Foco**, n. 25, 2004.
- CORAZZA, M.L.; RODRIGUES, D.G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química Nova**, v.24(4): 449- 452, 2001.
- COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30(supl 1): 15-19, 2010.
- FAO O desperdício alimentar tem consequências ao nível do clima, da água, da terra e da biodiversidade – novo estudo da FAO <http://www.fao.org/news/story/pt/item/204029/icode/>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- FENNEMA, O. **Food Chemistry**. 3^a ed. New York: Marcel Dekker, 1996.
- FERREIRA, J. T. P.; FERREIRA, E. P.; PANTALEÃO, F. S.; ALBUQUERQUE, K. N.; FERREIRA, A. C. Citricultura em Santana do Mundaú, Alagoas, Brasil: histórico, evolução e oportunidades. **Citrus Research & Technology**, v. 34: 1-8, 2013.
- FERREIRA, V. L. P. (Coord.). **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos (SBCTA), 2000. 127 p.
- GONÇALVES, C. C. S.; MARSAIOLI, A. J. Fatos e tendências da biocatálise. **Química Nova**, v. 36(10): 1587-1590, 2013.
- GROHMANN K., CAMERON G. R., BUSLIG S. B. Fractionation and pretreatment of orange peel by dilute acid hydrolysis. **Bioresource Technology**, v. 54: 129-141, 1995.
- GUARATINI C.C. I. ; ZANONI M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23: 71-78, 2000.
- IFT. INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, v. 35(11): 50-57, 1981.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 4^a ed , 2005.
- JORDAN, D. B.; BOWMAN, M. J.; BRAKER, J. D.; DIEN, B. S.; HECTOR, R. E.; LEE, C. C.; MERTENS, J. A.; WAGSCHAW, K. Plant cell walls to ethanol. **Biochemical Journal**, v. 442: 241-252, 2012.
- JORNAL DA UNICAMP, 2003. **Pesquisa busca inclusão do país no mercado de extratos naturais**. Disponível em:<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju226pg09.html> Acesso em 01 de março de 2010.

- KAPOOR, M.; BEG, Q. K.; BHUSHAN, B.; DADHICH, K. S.; HOONDAL, G. S. Production and partial purification and characterization of a thermo alkali stable polygalacturonase from *Bacillus* sp. MG-cp-2. **Process Biochemistry**, v. 36: 467-473, 2000.
- KELEBEK, H.; SELLI, S.; CANBAS, A.; CABAROGLU, T. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan, **Microchemical Journal**, v. 91: 187-192, 2009.
- KLIEMANN E., SIMAS K.N., PINHEIRO E.R., AMANTE E.R., AMBONI R.D.M.C. Pectin extraction of yellow passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) by acidic hydrolysis with acid citric. **Nutrire**, v. 30: 335, 2005.
- LAMBRECHT, R. **Adsorção do corante reativo azul 5G em carvão ativado e em xisto retornado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- LOHRASBI, M.; POURBAFRANI, M.; NIKLASSON, C.; TAHERZADEH, M. J. Process design and economic analysis of a citrus waste biorefinery with biofuels and limonene as products. **Bioresource Technology**, v. 101: 7382-7388, 2010.
- MADRID, A. **Manual das indústrias de alimentos: processo de produção da cerveja**. São Paulo, p. 285-313, 1996.
- MARTIN, N; SOUZA S R; SILVA R; GOMES E. Pectinase production by fungal strains in solid-state fermentation using agro-industrial bioproduct. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 813-819, 2004
- MERINO, S.; CHERRY, J. Progress and challenges in enzyme development for biomass utilization. **Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology**, v.108: 95-120, 2007.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31(3): 426-428, 1959.
- MUNHOZ, C.L.; SANJINEZ-ARGADONA, E.J.; SOARES-JUNIOR, M.S. Extraction of pectin from dehydrated guava. **Food Science Technology**, v.30(1): 119-125, 2010.
- MUNIZ, C.R.; BORGES, M.F.; ABREU, F.A.P.; NASSU, R.T.; FREITAS, C.A.S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do CEPPA**, v. 20(2): 309-322, 2002.
- OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise enzimática de biomassa. **Química Nova**, v. 33(7): 1549-1558, 2010.
- OLIVEIRA, A. N., OLIVEIRA, L. A., ANDRADE, J. S., CHAGAS JÚNIOR, A. F. Enzimas hidrolíticas extracelulares de isolados de rizóbia nativos da Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26: 853-860, 2006.
- PAGAN, J.; IBARZ, A.; LLORCA, M.; PAGAN, A.; BARBOSA-CANOVAS, G.V. Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace. **Food Research International**, v. 34: 605-612, 2001.
- PANDEY, A. Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v. 3636: 1-4, 2002.
- PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; MITCHELL, D.A. New developments in solid state fermentation: I - Bioprocesses and products. **Process Biochemistry**, v. 35: 1153-1169, 2000.
- PEDRÃO, M. R.; CORÓ, F.A.G. Análise sensorial e sua importância na pesquisa de alimentos. **Revista UNOPAR Científica, Ciência e Biologia da Saúde**, v. 1(1): 85-89, 1999.
- PINHEIRO E.R., SILVA IMDA, TEOFILO R.F., FERREIRA M.M.C., AMANTE E.R., AMBONI R.D.M.C. Otimização da extração de pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) In: **Anais da 58ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, Florianópolis-Brasil, 2006.

- PINHEIRO, E.R. **Pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*): otimização da extração com ácido cítrico e caracterização físico-química.** 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- RIZZATTO, M. L.; GOMES, E.; ALEGRE, R. M. Pectinases production by solid-state fermentation of orange bagasse by *Penicillium italicum* and *Aspergillus niger*. In: **I Brazilian Congress of Phase Equilibrium and Fluid Properties for Chemical Process Design.** Águas de São Pedro, SP, 2000.
- ROBINSON, T.; MCMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIZAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v. 77: 247-255, 2010.
- ROCHA, A. S.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; LIMA, F. C. S.; CARVALHO, J. P. D.; SANTOS, S. F. M. Ethanol from cashew apple bagasse by enzymatic hydrolysis. **Chemical Engineering Transactions**, v. 37: 361-366, 2014.
- ROCHA, M. V. P.; RODRIGUES, T. H. S.; MACEDO, G. R. M.; GONÇALVES, L. R. B. Enzymatic hydrolysis and fermentation of pretreated cashew apple bagasse with alcali and dilute sulfuric acid for bioethanol production. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 155: 407-417, 2009.
- SAHA, B. C.; ITEN, L. B.; COTTA, M. A.; WU, Y. V. Dilute acid pretreatment, enzymatic saccharification and fermentation of wheat straw to ethanol. **Process Biochemistry**, v. 40: 3693-3700, 2005.
- SANDHU, D.K.; JOSHI, V.K. Technology, quality and scope of fruit wines especially apple beverages. **Indian Food Industry**, v. 14(1): 24 - 34, 1995.
- SANTOS, F. M.; MACEDO, G. R.; SILVA, F. L. H.; SOUZA, R. L. A.; PINTO, G. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta no estudo da produção e extração da poligalacturonase. **Química Nova**, v.31(8): 1973-1978, 2008
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Energy conversion and balance of integrated crop-livestock production systems under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46: 1193-1199, 2011.
- SANTOS, M.H.O. Desperdício de alimentos e sua interferência no meio ambiente. **Enciclopédia Biosfera**, v.4(5): 1-2, 2008.
- SANTOS, M. R. A. **Estudos agronômicos e botânicos de erva-cidreira (quimiotipo limoneno-carvona).** Tese de Doutorado. UFC/CCA, 2003.
- SANTOS, S. C., ALMEIDA, S. S., TOLEDO, A. L., SANTANA, J. C. C., SOUZA, R. R. Elaboração e análise sensorial do fermentado de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) **Brazilian Journal of Food Technology**, 5ºSIPAL, março de 2005.
- SGS do Brasil Ltda. **Análise sensorial.** São Paulo. Disponível em:<<http://www.meuspa.com.br/download/AnaliseSensorial.pdf>> Acesso em 14 maio 2011.
- SHALINI, R.; GUPTA, D.K. Utilization of pomace from apple processing industries: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47(4): 365-371, 2010.
- SHARMA, S.K., LIPTAY, A., MAGUER, M. Molecular characterization, physicochemical and functional properties of tomato fruit pectin. **Food Research International**, v. 30(7): 543-547, 1998.
- SILVA, D.; MARTINS, E. S.; SILVA, R.; GOMES, E. Pectinase production by *Penicillium viridicatum* RFC3 by solid state fermentation using agricultural wastes and agro-industrial by-products. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.33: 318-324, 2002.
- SILVA, F.A.S., AZEVEDO, C.A.V. A new version of the ASSISTAT –

- Statistical Assistance Software. **American Society of Agricultural Engineers**, 393-396, 2006.
- SOARES, J.L. **Remoção de corantes têxteis por adsorção em carvão mineral ativado com alto teor de cinzas**. Dissertação (Engenharia Química). Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
- SOLER, M.P. **Frutas – compotas, doces em massa, geléias e frutas cristalizadas - Manual para a micro e pequena empresa**. Campinas: ITAL, 1995.
- SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; AMORIM, B. C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14(9): 987–992, 2010.
- SUD, D.; MAHAJAN, G.; KAUR, M. P. Agricultural waste material as potential adsorbents for sequestering heavy metal from aqueous solutions – A review. **Bioresource Biotechnology**, v. 99: 6017-6027, 2008.
- SUGAI, A. Y.; SHIGEOKA, D. S.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22(3): 233- 238, 2002.
- TALEBNA, F.; POURBAFRANI, M.; LUNDIN, M.; TAHERZADEH, M. J. Optimization study of citrus wastes saccharification by dilute-acid hydrolysis. **Bioresources**, v. 3(1): 108-122, 2008.
- TAVARES J. F. **Projeto, construção, testes e operação de um extrator de óleos vegetais**. 98 f. Dissertação (Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2007.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de Alimentos**. Série didática, Florianópolis, Editora UFSC, p. 18-102,1987.
- TORRES NETO, A; FEITOZA, A. C. O.; SILVA, W.; SILVA, F.L.H. Estudo da produção de vinagre da fruta da palma forrageira por processo de fermentação batelada. In: **VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, Campinas, 2005
- UENOJO, M.; PASTORE, G.M. Pectinases: aplicações e perspectivas. **Química Nova**, v. 30(2): 388-394, 2007.
- UGALDEL, F. Z.; NESPOLO, C. R. Desperdício de Alimentos no Brasil. **SB Rural**, v. 154(7), 21 de maio de 2015.
- VACCARINO, C.; CURTO, L. R.; TRIPODO, M. M.; PATANÉ, R.; LAGANÁ, G.; RAGNO A. SCP from orange peel by fementation with fungi acid-tread peel. **Biological Wastes**, 30: 1-10,1989.
- VAN BEILEN, J.B.; LI, Z. Enzyme technology: an overview. **Current Opinion in Biotechnology**, v.13(4): 338-344, 2002.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of Methods for the microbiological examination and food**. American Public Health Society, 3 ed., Washington, 1992, 1087p.
- VANDEVIVERE, P. C.; BIANCHI, R.; VERSTRAETE, W. Treatment and reuse of wastewater from the textile wetprocessing industry: review of emerging technologies. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 72: 289-302, 1998.
- VOLESKY, B. Biosorption and me. **Water Research**, v. 41: 4017-4029, 2007.
- YAPO, B.M.; ROBERT, C.; ETIENNE, I.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. **Food Chemistry**, v. 100: 1356-1364, 2007.