

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

Utilization of citrus by-products in food perspective: screening of antibacterial activity

Autores | Authors

✉ **Carin GERHARDT**

Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Departamento de Ciência dos Alimentos
Av. Bento Gonçalves, 9500
Caixa Postal: 15090
CEP: 91505-970
Porto Alegre/RS - Brasil
e-mail: carin.gerhardt@ufrgs.br

José Maria WIEST

Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Departamento de Ciência dos Alimentos
Porto Alegre/RS - Brasil
e-mail: jmwiest@ufrgs.br

Giovani GIROLOMETTO

Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
Faculdade de Ciências Veterinárias
Porto Alegre/RS - Brasil
e-mail: giovani giro@yahoo.com.br

Magnólia Aparecida Silva da SILVA

Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
Departamento de Horticultura e Silvicultura
Faculdade de Agronomia
Porto Alegre/RS - Brasil
e-mail: magnolia.silva@ufrgs.br

Simone WESCHENFELDER

Universidade Federal do
Rio Grande do Sul (UFRGS)
Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Departamento de Ciência dos Alimentos
Porto Alegre/RS - Brasil
e-mail: simone.weschenfelder@yahoo.com.br

■ Resumo

Os citros são as frutas mais produzidas e consumidas no mundo. O Brasil ocupa primeiro lugar na produção mundial e na exportação de suco de laranja, sendo o Estado do Rio Grande do Sul um importante produtor. Ao longo do cultivo e do processamento dos citros, são geradas toneladas de resíduos de baixo valor comercial, mas com grande potencial de aproveitamento dentro da indústria de alimentos. Esses resíduos possuem elevados teores de nutrientes, pigmentos e componentes bioativos, bem como possuem baixa toxicidade e baixo custo. Há evidências de que a casca de diferentes espécies de citros possui princípios ativos antibacterianos e antifúngicos. O objetivo deste trabalho, portanto, foi verificar a atividade antibacteriana de extratos alcoólicos da casca de citros na perspectiva da desinfecção e da conservação de alimentos, propondo alternativas sustentáveis e naturais voltadas a consumidores cada vez mais preocupados com sua saúde. Foram obtidos extratos alcoólicos da casca crua de bergamota-ponkan (*Citrus reticulata* Blanco), pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) e limão-bergamota (*Citrus limonia* Osbeck ou limão-cravo) maduros, provenientes de cultivo agroecológico, cujas atividades antibacterianas foram avaliadas quanto à Concentração Inibitória Mínima (CIM) e à Concentração Bactericida Mínima (CBM) frente a cinco diferentes bactérias. O extrato de limão-bergamota apresentou a melhor atividade antibacteriana, apresentando CIM em torno de 24 mg.mL⁻¹ e CBM de 42 mg.mL⁻¹ para as bactérias mais resistentes. A bactéria mais sensível a todos os extratos foi *Pseudomonas aeruginosa*, com CIM entre 16 e 36 mg.mL⁻¹ e CBM entre 28 e 49 mg.mL⁻¹. Os extratos inibiram ou inativaram na sua totalidade as bactérias testadas, indicando a possibilidade de se tornarem alternativas naturais na desinfecção e na conservação de alimentos.

Palavras-chave: Casca de citros; Atividade antibacteriana; Extrato alcoólico; Desinfetante natural; CIM; CBM.

■ Summary

Citrus are the most produced fruits in the world. Brazil ranks first in global production and export of orange juice. The State of Rio Grande Do Sul is an important producer of citrus. During farming and processing of citrus, tons of residues are generated, with low commercial value and great potential for use in the field of food production. These residues possess many nutrients, pigments and bioactive compounds, as well as low toxicity and cost. There is evidence that the peel of citrus have antibacterial and antifungal activity. In this work, we aim to determine the antibacterial activity of ethanolic extracts of citrus peels in the perspective of disinfection and preservation of food, presenting sustainable and natural alternatives directed at consumers concerned with health. Ethanolic extracts of crude peel of ripe ponkan tangerine (*Citrus reticulata* Blanco), pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) and rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) were obtained from ecological family farms. Their antibacterial activities were evaluated regarding Minimal Inhibitory Concentration (MIC) and Minimal Bactericidal Concentration (MBC) against five different bacterial strains. The rangpur lime extract presented the best antibacterial activity, with about 24 mg.mL⁻¹ MIC and 42 mg.mL⁻¹ MBC for the most resistant strain. *Pseudomonas aeruginosa* was the most sensitive strain. All ethanolic extracts inhibited or inactivated all tested strains, indicating they could be used as natural alternatives in food disinfection and preservation.

Key words: Citrus peel; Antibacterial activity; Crude ethanolic extract; Natural disinfectant; MIC; MBC.

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Publicado | Published: dezembro/2012

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

GERHARDT, C. et al.

1 Introdução

Os *Citrus* são as frutas mais produzidas e consumidas no mundo, principalmente laranjas, tangerinas, limas e limões (OLIVEIRA et al., 2008). O Brasil é o país que mais produz esse gênero, com 18.538.100 MT em 2008 (FAO, 2011). O Rio Grande do Sul (RS) se destaca na produção de tangerinas, sendo o terceiro produtor, depois de São Paulo e Paraná (EMBRAPA, 2011). O Estado tem produção estimada de 537 mil toneladas de citros, sendo que a atividade gera 250 milhões de reais anualmente (AGRIANUAL, 2009). Neste Estado, a citricultura é mais evidente nas regiões do Vale do Caí e Taquari, Alto Uruguai e Campanha, cuja base das três primeiras é fortemente familiar, gerando renda a cerca de 20 mil produtores (OLIVEIRA et al., 2010). Além disto, as indústrias envolvidas no beneficiamento e na comercialização são responsáveis por centenas de empregos, sendo importante fonte de renda para vários municípios (MONTENEGRO, 2011).

Tanto no cultivo quanto no processamento de citros podem ser gerados grandes volumes de resíduos. No manejo dos pomares de citros é realizado o raleio, que é a remoção e o descarte de parte dos frutos verdes para atingir melhor qualidade final de frutos. Já na extração de suco de citros, praticamente 50% do fruto é considerado subproduto (CHON e CHON, 1997). Atualmente, os resíduos de suco de laranja são aproveitados na forma de farelo de polpa cítrica peletizada, polpa congelada, melaço, d-limoneno, suco extraído da polpa (*Pulp Wash*), óleos essenciais, essência oleosa e essência aquosa (DARROS-BARBOSA e CURTOLO, 2005).

As características de fruto são esfericidade e presença de flavedo (porção superficial da casca) rico em flavonoides, fino e com pigmentação entre laranja escuro ou avermelhado, a laranja claro, amarelo ou verde (ORTIZ, 2002).

A casca dos frutos de citros possui diversos metabólitos secundários, responsáveis por sua proteção contra fatores bióticos e abióticos, como terpenoides, carotenoides, cumarinas, furanocumarinas e flavonoides, principalmente flavononas e flavonas polimetoxiladas, raras em outras plantas (AHMAD et al., 2006). Esses compostos estão presentes em extratos e óleos de citros, e têm despertado interesse em diversas áreas em virtude da bioatividade, como atividade antibacteriana (FRIEDMANN et al., 2004; DABBAH et al., 1970; BISIGNANO e SAIJA, 2002; FISHER e PHILLIPS, 2008; GIRENNAVAR et al., 2008; ASHOK KUMAR et al., 2011; STANLEY e JURD, 1971), antifúngica (LIU et al., 2012; CACCIONI et al., 1998; MABRY e ULUBELEN, 1980; STANLEY e JURD, 1971), antioxidante (PATIL et al., 2009; CHOI et al., 2000), inseticida (SISKOS et al., 2008), anti-inflamatória (MABRY e ULUBELEN, 1980), entre outras atividades. Estudos etnológicos encontraram registros

da utilização de citros para fins medicinais em 500 a.C. (ARIAS e RAMÓN-LACA, 2005). Apesar da extensa bioatividade, apenas recentemente as características antimicrobianas dos óleos de citros foram mais bem exploradas (FISHER e PHILLIPS, 2008). Óleos de citros já compõem diversas preparações farmacêuticas nas áreas de ginecologia, oftalmologia e cirurgia em função das suas propriedades antissépticas (BISIGNANO e SAIJA, 2002), porém ainda são pouco utilizados em alimentos.

Antimicrobianos naturais parecem ser alternativas viáveis na substituição de conservantes ou desinfetantes químicos (ASHOK KUMAR et al., 2011), estes muitas vezes poluidores, alérgenos (FREEDMAN, 1977; GOODMANN et al., 1990) e com pouca aceitação dos consumidores. Além disso, óleos de citros são considerados GRAS (Generally Recognised as Safe). Em alimentos, essas vantagens poderiam ser exploradas nas indústrias de bebidas e alimentos infantis, bem como em produtos orgânicos.

Na desinfecção convencional, a substância mais utilizada é o cloro. Porém, podem-se formar compostos organoclorados carcinogênicos, como os trihalometanos, na presença de matéria orgânica (ZARPELON e RODRIGUES, 2002). Além disso, o cloro é considerado altamente poluidor, podendo contaminar rios, solo e ar, causando prejuízos à fauna e à flora (MOREIRA, 2011), já que é utilizado em grandes quantidades e possui alto nível de DBO. Há uma tendência atual de eliminação do cloro em processos de desinfecção (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009).

Neste trabalho propôs-se estudar a atividade antibacteriana dos extratos alcoólicos de três variedades diferentes de citros cultivadas no Rio Grande do Sul frente a bactérias importantes à segurança e à qualidade de alimentos, com vistas ao desenvolvimento de desinfetantes e conservantes naturais, de baixo custo, baixa toxicidade e biodegradáveis, aproveitando resíduos da indústria de alimentos.

2 Material e métodos

2.1 Material vegetal

As variedades testadas foram bergamota-ponkan (*Citrus reticulata* Blanco), pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr.) e limão-bergamota (ou limão-cravo, *Citrus limonia* Osbeck). Todas as variedades foram colhidas maduras, no estágio de consumo. As amostras foram coletadas em propriedades agroecológicas de agricultura familiar, da cidade de Porto Alegre-RS (limão-bergamota e bergamota ponkan) e do Parque das Acácias, Parque Eldorado, Eldorado do Sul-RS, Região Metropolitana de Porto Alegre (pomelo).

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

GERHARDT, C. et al.

2.2 Determinação da Matéria Seca (MS)

Foi determinada a matéria seca das amostras vegetais por meio de secagem de 30 g de material em estufa com circulação forçada de ar, a 40 °C, até atingir peso constante, em três repetições.

2.3 Preparação de alcoolaturas e extratos alcoólicos

Foram preparadas alcoolaturas de epicarpo e mesocarpo do limão-cravo e da bergamota, bem como do epicarpo do pomelo, na proporção de 400 g para 1.000 mL de álcool 96 °GL. O material foi moído em moedor de carne, com diâmetro de saída de 6 mm, para a abertura das vesículas de óleo e melhor solubilização das substâncias da casca. Logo em seguida foi adicionado o álcool, agitado vigorosamente e armazenado em recipiente hermético, ao abrigo de luz, sob temperatura ambiente. Após maceração mínima de 15 dias, as alcoolaturas foram filtradas e armazenadas sob as mesmas condições. A partir dos valores de MS, extrapolou-se para a concentração de matéria seca por mL de alcoolatura.

Para a obtenção dos extratos alcoólicos as alcoolaturas foram submetidas à destilação fracionada sob pressão reduzida em sistema rota vapor até a retirada do álcool (aproximadamente 2/3 do volume inicial de alcoolatura). No momento da análise de sensibilidade a antimicrobianos, esses extratos foram diluídos em tubos de ensaio com água estéril, às proporções de 90% a 10%, em intervalos de 10%. Para a determinação da concentração dos extratos, utilizou-se o volume de alcoolatura inicial antes da evaporação, o volume de extrato obtido após a evaporação e o resultado da proporção de matéria seca na alcoolatura. Os extratos não foram totalmente secos durante a evaporação para que os compostos não se tornassem insolúveis (ELOFF, 2004).

2.4 Determinação da atividade antibacteriana dos extratos

As cepas utilizadas são provenientes da bacterioteca do Laboratório de Higiene de Alimentos, do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, compreendendo: *Escherichia coli* (ATCC® 25992),

Enterococcus faecalis (ATCC® 29212), *Staphylococcus aureus* (ATCC® 25923), *Salmonella Enteritidis* (ATCC® 13076) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC® 27853).

O teste de sensibilidade a antimicrobianos foi realizado pelo Método de Macrodiluição, através do qual foram determinadas a Concentração Inibitória Mínima (CIM) e a Concentração Bactericida Mínima (CBM) dos extratos, segundo as normas M7-A6 (CLSI, 2005) e M-26A (CLSI, 1999) do Clinical Laboratory and Standards Institute, respectivamente, com modificações. Foram preparados tubos de 10 mL contendo diferentes concentrações de extrato alcoólico, dos quais foi retirado 1 mL de cada concentração e adicionado a tubos contendo 1 mL de Caldo Mueller-Hinton (Himedia) duplamente concentrado e 3% de Polisorbato 80. Para a preparação do inóculo foi suspendida uma alçada da cultura bacteriana, previamente incubada em Ágar BHI e armazenada sob refrigeração, em 5mL de Caldo BHI (Himedia) e incubada por 18-24 horas (bactérias gram-negativas) ou por até 6 horas (bactérias gram-positivas), a 36 °C (± 1 °C). O inóculo foi ajustado para atingir 0,5 na escala de turbidez de McFarland (1 a 2×10^8 UFC.mL⁻¹ de *E. coli* ATCC® 25922) e diluído de modo que o inóculo desafio fosse 5×10^5 UFC.mL⁻¹. Foram adicionados 100 µL de inóculo aos tubos com extrato e caldo Mueller-Hinton, que foram incubados a 36 °C (± 1 °C) por 24 horas. A CIM foi a menor concentração em que não se apresentou crescimento bacteriano visível. Para determinação da CBM, retiraram-se alíquotas de 10 µL, em duplicata, dos quatro tubos de menor concentração sem crescimento visível, plaqueou-se em Ágar BHI (Himedia) e incubou-se a 36 °C (± 1 °C) por 24 horas. A CBM foi considerada a menor concentração de extrato na qual ocorreu inativação 3 log UFC/mL do inóculo inicial. Os testes de sensibilidade foram realizados em triplicata.

2.5 Análise estatística

Os resultados de CIM e CBM para os diferentes extratos e bactérias foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$) no software SAS 9.0.

3 Resultados e discussão

Os resultados do percentual de Matéria Seca (MS) obtidos das amostras vegetais podem ser visualizados na Tabela 1. Pode-se observar que a bergamota-ponkan

Tabela 1. Resultados do percentual de Matéria Seca (MS) das amostras vegetais e seus equivalentes na alcoolatura e no extrato alcoólico final.

	MS (% g vegetal seco/g vegetal fresco)	MS alcoolatura (mg vegetal seco/mL alcoolatura)	Concentração do extrato alcoólico (mg vegetal seco/mL)
Pomelo	23,06% ($\pm 0,8\%$)	92,3	329,5
Bergamota ponkan	30,07% ($\pm 0,3\%$)	120,3	364,5
Limão-bergamota	17,16% ($\pm 0,3\%$)	68,6	245,1

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

GERHARDT, C. et al.

apresentou o maior teor de matéria seca, ou seja, a menor umidade. A casca do limão-bergamota apresentou maior umidade entre as variedades. Atribui-se esse resultado ao método de retirada da casca, já que, ao contrário das outras variedades, foi inicialmente extraído o suco e retirada a polpa. Nesse processo, a casca absorveu parte do suco, o que pode ter influenciado neste parâmetro. Considerando-se que, nos outros casos, não houve contato do suco com a casca, esses componentes podem ter interferido positivamente na atividade antimicrobiana da casca de limão-bergamota, já que alguns estudos apontam que o suco de limões possui atividade antimicrobiana (TOMOTAKE et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007).

Os resultados de atividade antimicrobiana podem ser visualizados na Tabela 2. Todas as variedades apresentaram ação frente às bactérias testadas, tanto de inibição quanto de inativação. A variedade mais eficiente foi o limão-bergamota, que apresentou CIM em torno de 35 mg.mL⁻¹ para *E. faecalis*, *S. aureus*, *S. Enteritidis* e *E. coli*. A bergamota-ponkan e o pomelo apresentaram atividades menores e não houve diferença significativa entre os valores de CIM e CBM destes cítricos. O melhor resultado obtido para limão-bergamota pode ter ocorrido em razão da interferência do suco, rico em ácidos orgânicos, como o ácido ascórbico. Há trabalhos que demonstram efeitos aditivos deste composto na ação de outros antimicrobianos (CURSINO et al., 2005; TAJKARIMI e IBRAHIM, 2011).

A bactéria mais sensível foi *P. aeruginosa*, com CIM entre 16 e 36 mg.mL⁻¹. Já a bactéria mais resistente aos extratos foi *E. faecalis*, que não foi inativada por nenhum dos extratos e apresentou os maiores valores necessários

de CIM e CBM, seguida de *E. coli*. Em média, a diferença de concentração entre a CIM e a CBM ficou em torno de 30 mg.mL⁻¹, exceto para a bactéria *E. faecalis*, que não foi inativada em todas as concentrações testadas e para todos os extratos. Ashok Kumar et al. (2011) realizaram análises de atividade antimicrobiana com extratos etanólicos de *Citrus lemon* e encontraram valores semelhantes aos obtidos nestas análises. Para a bactéria *E. coli*, foram obtidas CIM de 25 mg.mL⁻¹ e CBM de 50 mg.mL⁻¹ (24 e 43 mg.mL⁻¹ neste experimento, respectivamente), e para *S. aureus*, os valores de CIM foram 50 mg.mL⁻¹ e CBM > 50 mg.mL⁻¹ (24 e 32 mg.mL⁻¹, respectivamente).

Os resultados para CIM para os extratos de citros mostram que as bactérias testadas apresentaram inibição semelhante, porém a bactéria *P. aeruginosa* diferiu significativamente de *E. faecalis*. Nos resultados para CBM, as bactérias *E. faecalis* e *E. coli* não diferiram entre si, mostrando-se significativamente mais resistentes do que as outras ($p < 0,05$). *E. coli* diferiu somente de *P. aeruginosa* ($p < 0,05$), para CBM. Esses resultados indicam que os extratos não foram seletivos quando ao tipo de parede celular bacteriana, ao contrário do que se tem encontrado para óleos essenciais. Alguns estudos verificaram menor suscetibilidade de bactérias gram-negativas a óleos essenciais, provavelmente por causa da maior complexidade da parede celular (DABBAH et al., 1970; BISIGNANO e SAIJA, 2002; SMITH-PALMER et al., 2001). O mecanismo de ação dos óleos de citros, contudo, ainda não é conhecido (BISIGNANO e SAIJA, 2002). Na medida em que a maior parte das doenças transmitidas por alimentos (DTAs) é causada por bactérias gram-negativas, como *Salmonella* e *E. coli*, os

Tabela 2. Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Bactericida Mínima (CBM) de três diferentes extratos para cinco bactérias.

Bactéria	Extrato	CIM (mg.mL ⁻¹)	CBM (mg.mL ⁻¹)
<i>E. faecalis</i>	B. Ponkan	46,12 ^{ab}	92,24 ^{ab}
	Limão-bergamota	23,26 ^{aA}	41,34 ^{aA}
	Pomelo	44,87 ^{ab}	85,53 ^{ab}
<i>E. coli</i>	B. Ponkan	47,19 ^{ab}	75,51 ^{abB}
	Limão-bergamota	24,37 ^{aA}	42,91 ^{abA}
	Pomelo	49,10 ^{ab}	65,48 ^{abB}
<i>S. Enteritidis</i>	B. Ponkan	45,29 ^{abB}	59,44 ^{bcB}
	Limão-bergamota	24,37 ^{abA}	39,04 ^{bcA}
	Pomelo	40,67 ^{abB}	60,71 ^{bcB}
<i>S. aureus</i>	B. Ponkan	41,76 ^{abB}	55,68 ^{bcB}
	Limão-bergamota	24,37 ^{abA}	32,49 ^{bcA}
	Pomelo	49,10 ^{abB}	57,04 ^{bcB}
<i>P. aeruginosa</i>	B. Ponkan	34,89 ^{bB}	48,82 ^{cB}
	Limão-bergamota	16,24 ^{bA}	28,61 ^{cA}
	Pomelo	35,92 ^{bb}	44,87 ^{cB}

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam ausência de diferença significativa entre as bactérias testadas ($p \geq 0,05$); **letras maiúsculas iguais na mesma coluna** ausência de diferença significativa entre os extratos testados ($p \geq 0,05$).

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

GERHARDT, C. et al.

extratos alcoólicos de citros se tornam interessantes na perspectiva de alimentos.

Na 6ª Edição da Farmacopeia Europeia (PAULI e SCHILCHER, 2010), são listadas as atividades médias de óleos de algumas espécies de citros comprovadamente antimicrobianas. Segundo essa farmacopeia, o CIM do óleo de limão e da bergamota-mandarina variou entre 0,5 e >20 mg.mL⁻¹. Contudo, o percentual de óleos nas cascas de citros é relativamente baixo. Segundo Júnior (2009), o rendimento de óleo para casca crua variou de 0,37 a 2,04%, em *Citrus aurantium* L. e *Citrus sinensis* Osbeck var. Mimo, respectivamente. Considerando-se esses valores, é interessante a utilização da casca inteira, já que existem outros componentes antimicrobianos que poderiam ser mais bem aproveitados, como as cumarinas (GIRENNAVAR et al., 2008) e os flavonoides (BISIGNANO e SAIJA, 2002), que poderiam agir sinergicamente entre si. Eloff et al. (2008) encontraram efeitos sinérgicos para diferentes componentes de *Combretaceae*, o que justificaria a utilização da casca integralmente, permitindo seu melhor aproveitamento.

As frutas testadas são provenientes de agricultura familiar agroecológica, a qual não utiliza fertilizantes, herbicidas e inseticidas químicos. Segundo Boue et al. (2009), plantas submetidas a esse tipo de prática cultural ficam mais vulneráveis a ataques de patógenos e, por isso, produzem maiores teores de metabólitos secundários, como os polifenóis. Além disso, a prática orgânica aumentaria o sistema de defesa antioxidante da planta. Lester et al. (2007) demonstrou que a toranja orgânica (*Grapefruit*) apresentou maiores quantidades de naringenina e ácido ascórbico. Além do ácido ascórbico, a naringenina também demonstrou possuir atividade antibacteriana (MANDALARI et al., 2007). É possível que os extratos testados sejam mais eficientes do que os de agricultura convencional, porém a comparação é difícil, já que poucos trabalhos utilizam o tipo de extração testado.

Em relação ao tipo de material vegetal utilizado, muitos dos trabalhos utilizam a casca seca na extração dos princípios ativos. Porém, Chanthaphon et al. (2008) encontraram melhores resultados de inibição utilizando cascas frescas, indicando que alguns inibidores podem ter sido perdidos durante a secagem, principalmente componentes voláteis. Além disso, a secagem em nível industrial é um processo caro e que exige investimentos altos. Por isso, indústrias de menor porte têm buscado alternativas para utilização de resíduos frescos de citros (SANTOS et al., 2001).

4 Conclusão

Todos os extratos de diferentes variedades de citros foram capazes de inibir e/ou inativar as bactérias testadas. Isso demonstra que, possivelmente, outras variedades de

citros também possuam ação antibacteriana e que podem ser estudadas na mesma perspectiva.

O aproveitamento de resíduos agroindustriais é vital para que seja minimizado seu impacto ambiental. Por isso, é fundamental que sejam exploradas alternativas para sua utilização. Os consumidores estão a cada dia mais preocupados com sua saúde, buscando produtos mais naturais, ecológicos e que atendam, ao mesmo tempo, suas expectativas quanto à segurança e à qualidade. Os resultados encontrados sugerem novas pesquisas acerca da sua efetividade como desinfetantes naturais ou conservadores.

Referências

- AGRIANUAL 2009: anuário brasileiro da fruticultura 2009. 14. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 504 p.
- AHMAD, M. M.; REHMAN, S.; IQBAL, Z.; ANJUM, F. M.; SULTAN, J. I. Genetic variability to essential oil composition in four citrus fruit species. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 38, n. 2, p. 319-324, 2006.
- ARAÚJO, P. R. L.; ALMEIDA, F. R.; SENA, K. X. F. R.; CHIAPPETA, A. A.; ALBUQUERQUE, J. F. C. Estudo antimicrobiano de sucos de frutas e hortaliças frente a isolados clínicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 47., 2007, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: ABQ-RN, 2007. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/7/7-602-750.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2012.
- ARIAS, B. A.; RAMÓN-LACA, L. Pharmacological properties of citrus and their ancient and medieval uses in the Mediterranean region. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 97, n. 1, p. 89-95, 2005. PMID:15652281. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2004.10.019>
- ASHOK KUMAR, K.; NARAYANI, M.; SUBANTHINI, A.; JAYAKUMAR, M. Antimicrobial activity and phytochemical analysis of citrus fruit peels – utilization of fruit waste. **International Journal of Engineering Science and Technology - IJEST**, Singapore, v. 3, n. 6, p. 5414-21, jun. 2011.
- BISIGNANO, G.; SAIJA, A. The biological activity of citrus oils. In: DUGO, G.; DI GIACOMO, A. (Eds.). **Citrus: the Genus Citrus**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 642 p. cap. 28, p. 602-630.
- BOUE, S. M.; CLEVELAND, T. E.; CARTER-WIENTJES, C.; SHIH, B. Y.; BHATNAGAR, D.; McLACHLAN, J. M.; BUROW, M. E. Phytoalexin-enriched functional foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, n. 7, p. 2614-2622, 2009. <http://dx.doi.org/10.1021/jf8040403>
- CACCIONI, D. R. L.; GUIZZARDI, M.; BIONDI, D. M.; RENDA, A.; RUBERTO, G. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 43, n. 1-2, p. 73-79, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(98\)00099-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(98)00099-3)

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacterianaGERHARDT, C. *et al.*

- CHANTHAPHON, S.; CHANTHACHUM, S.; HONGPATTARAKERE, T. Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical *Citrus spp.* against food-related microorganisms. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, Songkhla, v. 30, n. 1, p. 125-131, apr. 2008.
- CHOI, H.; SONG, H. S.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. Radical-Scavenging Activities of Citrus Essential Oils and Their Components: Detection Using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 9, p. 4156-4161, 2000. <http://dx.doi.org/10.1021/jf000227d>
- CHON, R.; CHON, A. L. Subprodutos del procesado de las frutas. In: ARTHEY, D.; ASHURST, P. R. (Eds.). **Procesado de Frutas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 273 p.
- CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE - CLSI. **Metodologia dos Testes de Sensibilidade a Agentes Antimicrobianos por Diluição para Bactéria de Crescimento Aeróbico: Norma Aprovada, Sexta Edição – M7 – A6**. Pennsylvania: CLSI, 2005. v. 23, n. 2. Tradução pela ANVISA com permissão do CLSI.
- CLINICAL LABORATORY AND STANDARDS INSTITUTE - CLSI. **M26-A: Methods for Determining Bactericidal Activity of Antimicrobial Agents**. Wayne: CLSI, 1999. v. 18, n. 18. Approved Guideline.
- CURSINO, L.; CHARTONE-SOUZA, E.; NASCIMENTO, A. M. A. Synergic Interaction between Ascorbic Acid and Antibiotics against *Pseudomonas aeruginosa*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 3, p. 379-384, may 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132005000300007>
- DABBAH, R.; EDWARDS, V. M.; MOATS, W. A. Antimicrobial action of some citrus fruit oils on selected food-borne bacteria. **Applied Microbiology**, Washington, v. 19, n. 1, p. 27-31, jan. 1970.
- DARROS-BARBOSA, R.; CURTOLO, J. E. Produção industrial de suco e subprodutos cítricos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Orgs.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fapesp, 2005. cap. 28, p. 839-870.
- ELOFF, J. N. Quantification the bioactivity of plant extracts during screening and bioassay guided fractionation (Letter to the Editor). **Phytomedicine**, Jena, v. 11, p. 370-371, 2004.
- EMBRAPA. **Planilhas**. Embrapa, 2011. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/>>. Acesso em: 14 jun. 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAOSTAT – FAO Statistics Division/ Production: About (country by commodities)**. Roma: FAO, 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- FISHER, K.; PHILLIPS, C. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus an answer? **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 19, n. 3, p. 156-164, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.11.006>
- FREEDMAN, B. J. Asthma induced by sulphur dioxide, benzoate and tartrazine contained in orange drinks. **Clinical & Experimental Allergy**, Oxford, v. 7, n. 5, p. 407-415, 1977. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2222.1977.tb01471.x>
- FRIEDMANN, M.; HENIKA, P. R.; LEVIN, C. E.; MANDRELL, R. E. Antibacterial Activities of Plant Essential Oils and Their Components against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* in Apple Juice. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 19, p. 6042-6048, 2004. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0495340>
- GIRENNAVAR, B.; CEPEDA, M. L.; SONI, K. A.; VIKRAM, A.; JESUDHASAN, P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; PILLAI, S. D.; PATIL, B. S. Grapefruit juice and its furocoumarins inhibits autoinducer signaling and biofilm formation in bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 125, n. 2, p. 204-208, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.028>
- GOODMAN, D. L. Chronic urticaria exacerbated by the antioxidant food preservatives, butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, Saint Louis, v. 86, n. 1-4, p. 570-575, 1990.
- LESTER, G. E.; MANTHEY, J. A.; BUSLIG, B. S. Organic vs Conventionally Grown Rio Red Whole Grapefruit and Juice: Comparison of Production Inputs, Market Quality, Consumer Acceptance, and Human Health-Bioactive Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 4474-4480, 2007.
- LIU, L.; XU, X.; CHENG, D.; YAO, X.; PAN, S. Structure-Activity relationship of Citrus polymethoxylated flavones and their inhibitory effects on *Aspergillus niger*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 12, p. 4336-4341, 2012.
- MABRY, T. J.; ULUBELEN, A. Chemistry and Utilization of Phenylpropanoids Including Flavonoids, Coumarins and Lignans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 2, p. 188-196, 1980.
- MANDALARI, G.; BENNETT, R. N.; BISIGNANO, G.; TROMBETTA, D.; SAIJA, A.; FAULDS, C. B.; GASSON, M. J.; NARBAD, A. Antimicrobial activity of flavonoids extracted from bergamot (*Citrus bergamia* Risso) peel, a byproduct of the essential oil industry. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 103, n. 6, p. 2056-2064, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03456.x>
- MONTENEGRO (Município). Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente - SMAM. **Município: Dados Citricultura**. SMAM, 2011. Disponível em: <<http://www.montenegro.rs.gov.br/>>. Acesso em: 16 jul. 2011.
- MOREIRA, C. **Operadores de ETAs da Sanecap Recebem Treinamento para Manuseio de Cloro Gás**. Blog Da Mesa do C.L.O., 26 jan. 2011. Disponível em: <<http://claudiomoreira.wordpress.com/2011/01/26/operadores-de-etras-da-sanecap->

Aproveitamento da casca de citros na perspectiva de alimentos: prospecção da atividade antibacteriana

GERHARDT, C. et al.

recebem-treinamento-para-manuseio-de-cloro-gas/>. Acesso em: 11 jul. 2011.

OLIVEIRA, R. P.; EPIFÂNIO, N. B.; SCIVITTARO, W. B. A nova citricultura na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CITRICULTURA DO RIO GRANDE DO SUL, 2008, Alpestre. **Anais...** Alpestre: EMATER-RS, 2008. p. 60-66.

OLIVEIRA, R. P.; SCHRODER, E. C.; ESSWEIN, F. J.; SCIVITTARO, W. B. **Produção Orgânica de Citros no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 296 p. (Sistema de Produção, n. 20).

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 3, p. 686-693, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001>

ORTIZ, J. M. Botany: taxonomy, morphology and physiology of fruits, leaves and flowers. In: DUGO, G.; DI GIACOMO, A. (Eds.). **Citrus: the Genus Citrus**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 642 p.

PATIL, J. R.; CHIDAMBARA MURTHY, K. N.; JAYAPRAKASHA, G. K.; CHETTI, M. B.; PATIL, B. S. Bioactive Compounds from Mexican Lime (*Citrus aurantifolia*) Juice Induce Apoptosis in Human Pancreatic Cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 10933-10942, 2009. <http://dx.doi.org/10.1021/jf901718u>

PAULI, A.; SCHILCHER, H. In vitro antimicrobial activities of essential oils monographed in the European Pharmacoeia 6th edition. In: BAŞER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. (Eds.). **Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications**. Boca Raton: CRC Press, 2010. 975 p.

SANTOS, G. T.; ÍTAVO, L. C. V.; MODESTO, E. C.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C. Silagens Alternativas de resíduos agro-industriais. In: Simpósio sobre utilização de forragens conservadas, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 262-285.

SISKOS, E. P.; MAZOMENOS, B. E.; KONSTANTOPOULOU, M. A. Isolation and identification of insecticidal components from *Citrus aurantium* fruit peel extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 14, p. 5577-5581, 2008. <http://dx.doi.org/10.1021/jf800446t>

SMITH-PALMER, A.; STEWART, J.; FYFE, L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. **Food Microbiology**, London, v. 18, n. 4, p. 463-470, 2001. <http://dx.doi.org/10.1006/fmic.2001.0415>

STANLEY, W.; JURD, L. Citrus Coumarins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 19, n. 6, p. 1106-1110, 1971. <http://dx.doi.org/10.1021/jf60178a007>

TAJKARIMI, M.; IBRAHIM, S. Antimicrobial activity of ascorbic acid alone or in combination with lactic acid on *Escherichia coli* O157:H7 in laboratory medium and carrot juice. **Food Control**, Guildford, v. 22, n. 6, p. 801-804, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.030>

TOMOTAKE, H.; KOGA, T.; YAMATO, M.; KASSU, A.; OTA, F. Antibacterial activity of citrus fruit juices against *Vibrio* species. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 52, n. 2, p. 157-160, 2006. <http://dx.doi.org/10.3177/jnsv.52.157>

ZARPELON, A.; RODRIGUES, E. M. Os trihalometanos na água de consumo humano. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 17, n. 17, p. 20-30, 2002. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2011.