

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

SARAH PINHEIRO NUNES BARROS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA DA POLPA E PRODUTOS DE NONI
(*Morinda citrifolia* L.)**

**FORTALEZA-CE
2009**

SARAH PINHEIRO NUNES BARROS

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA DA POLPA E PRODUTOS DE NONI
(*Morinda citrifolia* L.)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Tecnologia de Frutos Tropicais
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia

**FORTALEZA-CE
2009**

Esta Dissertação foi submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

A citação de qualquer trecho dessa Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Dissertação aprovada em 19 de fevereiro de 2009.

Sarah Pinheiro Nunes Barros

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Pesquisador Dr. Edy Sousa de Brito (Co-Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical - CE

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^a. Dr^a. Maria Raquel Alcântara de Miranda
Universidade Federal do Ceará - UFC

Pesquisador Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Universidade Federal do Ceará - UFC

EPÍGRAFE

*“E o futuro é uma astronave
Que tentamos pilotar
Não tem tempo, nem piedade
Nem tem hora de chegar
Sem pedir licença
Muda a nossa vida
E depois convida
A rir ou chorar...”*

*Nessa estrada não nos cabe
Conhecer ou ver o que virá
O fim dela ninguém sabe
Bem ao certo onde vai dar
Vamos todos
Numa linda passarela
De uma aquarela
Que um dia enfim
Descolorirá...”*

(Toquinho / Vinicius de Moraes / G. Morra / M. Fabrizio)

*Ao Rodrigo, meu companheiro, melhor amigo
e maior incentivado e ao Luca, o sonho
que cresce no meu ventre,
dedico com amor.*

Este trabalho foi realizado com a ajuda e participação direta e indireta de muitas pessoas, a todas estas minha eterna gratidão!

A Deus pela vida, por ter abençoado o caminho que me trouxe até aqui e pela imensa alegria de ter conhecido pessoas extraordinárias ao longo desta trajetória;

Ao meu marido Rodrigo, que foi fundamental na conclusão desta etapa da minha vida, meu alicerce nos momentos de tristeza. Por seu amor, paciência e compreensão, por sempre estar ao meu lado me incentivando e motivando, por acreditar (mais do que eu mesma) no meu potencial, por me tranquilizar nos momentos de ansiedade, por me provar que eu estava reclamando à toa me mostrando sempre o melhor lado das coisas e por ser meu parceiro na realização dos meus maiores sonhos;

A minha mãe Lenira (*in memoriam*), meu maior exemplo de fé, força e perseverança, que me amou incondicionalmente, educou e transmitiu as lições mais preciosas da minha vida. Por sempre ter me ensinado sobre a importância da educação e a força do saber e que mesmo em outro plano espiritual tem guiado meus caminhos;

Ao meu irmão Felipe, minha saudade de todos os dias, um dos maiores amores da minha vida, pela amizade e palavras de ordem nos momentos críticos e por sua capacidade latente de tornar meus dias mais felizes;

Ao meu pai João que sempre investiu e apostou na minha educação, pelo amor, incentivo, confiança e apoio. Ele sempre soube que eu chegaria até aqui!

Aos meus irmãozinhos João Victor e Maria Eduarda, que trouxeram ainda mais alegrias para a minha vida;

À Universidade Federal do Ceará por me proporcionar a realização do mestrado;

À Embrapa Agroindústria Tropical pela oportunidade de estagiar e utilizar os laboratórios na realização dos experimentos nesses dois anos de aprendizado;

Ao meu orientador, professor Geraldo Arraes Maia, pelas lições e conhecimentos compartilhados, pelo incentivo desde antes do meu ingresso no mestrado. Por ter me ajudado a superar as dúvidas e incertezas desde a primeira vez que entrei em sua sala. Pela sua trajetória profissional exemplar e pelo privilégio de estar sob sua orientação;

Ao meu co-orientador, pesquisador Edy Sousa de Brito, pelo aprendizado diário, por seu constante e contagiante entusiasmo profissional, pela confiança no meu trabalho, por sua disponibilidade e paciência. Pela compreensão, por ter me cobrado

quando relaxei, por ter me apoiado quando mais precisei e por seu exemplo de humanidade e humildade;

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Banco do Nordeste pelo financiamento do projeto do noni ao qual este trabalho está inserido;

As minhas tias Lúcia, Lucineide e Liduina, por terem me acolhido, pela participação na minha formação moral e por terem insistido no “vai estudar menina!”;

Aos meus sogros Celínio e Ilnah, verdadeiras preciosidade que Deus pôs na minha vida. Por terem me acolhido em sua família me tratando como filha me recebendo sempre de braços abertos;

Aos meus cunhados Rafa, Natássia e Carol por sua amizade, carinho fraternal e pelas muitas alegrias compartilhadas;

Ao analista Manoel Alves de Souza Neto, a criatura mais paciente que Deus pôs na terra, presença fundamental no Laboratório de Análises de Alimentos, por sempre ser prestativo em todas as análises deste trabalho, pela ajuda na interpretação dos resultados e por sua amizade;

Ao pesquisador da Embrapa João Alencar por sua atenção, disponibilidade e por ter trazido tantas vezes o noni para perto de mim;

A professora Raquel Miranda do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular - UFC por sua orientação nas análises de atividade enzimática e as bolsistas do laboratório Marcela e Marília pela ajuda indispensável;

Ao professor Raimundo Wilane Figueiredo pelos ensinamentos ao longo do curso, por sempre estar disponível para esclarecer minhas dúvidas e pelas sugestões valiosas;

A professora Vânia Maria Maciel Melo do Departamento de Biologia da UFC, minha primeira orientadora e eterna incentivadora. Profissional exemplar, quem primeiro me fez despertar para a pesquisa científica em três maravilhosos anos de aprendizado na monitoria e iniciação científica;

Ao professor Erivan Melo pelo incentivo nos meses que antecederam a seleção do mestrado e por ter intermediado meu contato com o professor Arraes;

Aos estagiários do Laboratório de Físico-Química de Alimentos, Talita e Amanda e em especial Adriana e Josemar pela ajuda com as resinas e o HPLC;

Ao pesquisador Gustavo Saavedra e aos estagiários do Laboratório de Bioprocessos pela gentileza no empréstimo de equipamentos e reagentes;

Ao secretário do curso de mestrado Paulo Mendes, por sua boa vontade e paciência no atendimento aos estudantes;

A professora Sueli Rodrigues e as estagiárias do Laboratório de Biotecnologia da UFC, Mariana e Cláudia Patrícia, pela gentileza no fornecimento de água Mili-Q para as minhas análises.

A Andréia Cardoso pela valiosa ajuda nas análises de pectina, celulose e hemicelulose;

As estagiárias do Laboratório de Pós-Colheita, Marcela, Ana Carolina e Melissa, pela ajuda e ótimos momentos nas análises de atividade antioxidante;

A Lúcia por tentar sempre manter a ordem no laboratório;

Aos meus colegas de turma Aline, Ana Carolina, Ana Lúcia, Ana Maria, Ana Paula, Claudia Patricia, Cyntia, Edivânia, Gerla, Josefranci, Josiele, Lívia, Mariana, Marinês, Patrícia, Sandra, Tanya e Tatiana. Em especial Ana Alice, Vinícius, Carolinne, Melissa e Heliofábia pelos muitos momentos de alegria e pelo apoio;

Aos professores José Maria Corrêa e Sueli Rodrigues pelas benfeitorias ao nosso curso de mestrado e pelo esforço na aprovação do doutorado durante sua gestão na coordenação do curso;

A todos os professores do Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFC, pelos muitos ensinamentos transmitidos durante estes dois anos. Em especial professor Arraes, prof. Wilane, prof^a. Patrícia, prof. Evânia, prof. José Maria, prof^a. Sueli, prof^a. Beth e prof. Marcos;

A todos os demais que contribuíram de alguma forma para a concretização deste sonho.

RESUMO

O noni (*Morinda citrifolia* L.) é uma planta que tem despertado o interesse da comunidade científica por suas propriedades terapêuticas e nutricionais. Em particular, o suco da fruta tem grande demanda na medicina alternativa para o tratamento de diversas doenças e existem muitos trabalhos que comprovam suas propriedades farmacológicas. No entanto são escassos trabalhos científicos sobre o processamento da fruta para a obtenção de produtos. Assim o objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente o fruto, e alguns de seus produtos obtidos após processamento. Foram utilizados frutos de noni obtidos em uma fazenda localizada em Trairi-CE. Os frutos foram submetidos aos processos de despolpa, microfiltração, liofilização, concentração à vácuo e fermentação natural. Os sucos microfiltrado e fermentado, foram submetidos à desodorização através do tratamento com resinas adsorventes Amberlite® XAD4, XAD761, FPA54 e FPX66. Após processamento foram obtidos os seguintes produtos: polpa “in natura”, polpa liofilizada, suco fermentado, suco microfiltrado, suco clarificado concentrado, suco fermentado desodorizado e suco microfiltrado desodorizado. Todos os produtos foram caracterizados por meio de análises de acidez, pH, sólidos solúveis, cor instrumental, vitamina C, fenólicos totais, pectina, celulose, hemicelulose, açúcares e compostos voláteis. A polpa “in natura” foi usada como padrão para comparação dos efeitos do processamento nas características químicas dos produtos obtidos. A polpa in natura e o suco fermentado foram ainda submetidos a análise de atividade enzimática de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (G-POL) e polifenoloxidase (PPO). Por apresentar pH de 3,80 o noni é considerado uma fruta ácida. Em relação a atividade enzimática, a polpa apresentou elevada atividade de superóxido dismutase (SOD) $146,69 \pm 1,15$ UEA/mg de proteína, guaiacol peroxidase (G-POL) 28,23 UEA/mg de proteína, e catalase (CAT) 21,52 mmol H₂O₂ /min/mg de proteína. A análise de compostos voláteis permitiu a identificação de alcoóis (70,4%), ésteres (7,4%), cetonas (0,3%) e ácidos (2,5%). Entre as resinas adsorventes a Amberlite® XAD4 foi a que causou maior remoção de compostos voláteis e também a menor perda de nutrientes como vitamina C e fenólicos totais.

Palavras-chave: *Morinda citrifolia* L., processamento, caracterização química.

ABSTRACT

Noni (*Morinda citrifolia* L.) is a plant that has a rising interest for the scientific community due to its therapeutic and nutritional properties. In particular, the fruit juice has a great demand by alternative medicine for many diseases treatments and there is many works proving its pharmacological properties. However, there is scarce scientific works on fruit processing to obtain products. So, the aim of this work was to chemically characterize the fruit and some of its products obtained after processing. It was made use of noni fruits obtained on a farm located at Trairi-CE. The fruits were submitted to depulping, microfiltration, lyophilization, vacuum concentration and natural fermentation processes. The microfiltrated and fermented juices were submitted to deodorization through Amberlite® XAD4, XAD761, FPA54 and FPX66 adsorbent resins. After processing the following products were obtained: in natura pulp, lyophilized pulp, fermented juice, microfiltrated juice, clarified concentrated juice, deodorized fermented juice and deodorized microfiltrated juice. All products were characterized by analysis of acidity, pH, soluble solids, instrumental color, vitamin C, total phenolics, pectin, cellulose, hemicellulose, sugars and volatile compounds. The in natura pulp was used as a standard for comparison of the processing effects on chemical characteristics of the obtained products. The pulp and the fermented juice were also submitted to the enzymatic activity analysis of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (G-POL) and polyphenoloxidase (PPO). Due to its pH of 3.80 the noni is considered as an acid fruit. Regarding enzymatic activity, the pulp presented an elevated activity for superoxide dismutase (SOD) $146,69 \pm 1,15$ UEA/mg of protein, guaiacol peroxidase (G-POL) 28,23 UEA/mg of protein and catalase (CAT) 21,52 mmol H₂O₂ /min/mg of protein. Volatile compounds analysis allowed the identification of alcohols (70,4%), esters (7,4%) and acids (2,5). Amongst adsorbent resins, Amberlite® XAD4 promoted the highest volatile compounds reduction and also the lowest nutrient lost such as vitamin C and total phenolics.

Keywords: *Morinda citrifolia* L., processing, chemical characterize

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVOS	18
2.1.	Geral	18
2.2.	Específicos	18
3.	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1.	Noni	19
3.1.1.	PROCESSAMENTO	23
3.1.1.1.	Despolpamento	25
3.1.1.2.	Liofilização	25
3.1.1.3.	Microfiltração	26
3.1.1.4.	Concentração por evaporação à vácuo	26
3.1.1.5.	Fermentação	27
3.1.1.6.	Adsorção e resinas adsorventes	29
3.1.2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	30
3.1.2.1.	Carboidratos	30
3.1.2.2.	Acidez titulável e pH	32
3.1.2.3.	Sólidos solúveis	32
3.1.2.4.	Compostos fenólicos totais	33
3.1.2.5.	Vitamina C	33
3.1.2.6.	Compostos voláteis	34
3.1.2.7.	Enzimas	35
3.1.2.8.	Cor	37
4.	MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1	MATERIAL	38
4.1.1.	Obtenção da polpa	38
4.1.2.	Liofilização da polpa	39
4.1.3.	Microfiltração da polpa	39
4.1.4.	Concentração por evaporação à vácuo	40
4.1.5.	Fermentação da polpa	40
4.1.6.	Desodorização dos sucos clarificado e fermentado com resinas adsorventes	40
4.1.6.1.	Ativação das resinas	41
4.1.6.2.	Desodorização	41

4.1.6.3.	Lavagem das resinas	42
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE NONI “ <i>IN NATURA</i> ” E SEUS PRODUTOS	42
4.2.1.	Acidez titulável	42
4.2.2.	Vitamina C	43
4.2.3.	pH	44
4.2.4.	Carboidratos	44
4.2.5.	Sólidos solúveis	44
4.2.6.	Compostos fenólicos totais	44
4.2.7.	Pectina, celulose e hemicelulose	44
4.2.8.	Proteínas	45
4.2.9.	Atividade enzimática	45
4.2.10.	Compostos voláteis	48
4.2.11.	Cor instrumental	50
4.2.12.	Atividade antioxidante total	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1	PRODUTOS OBTIDOS	52
5.2	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA	54
6	CONCLUSÕES	67
7	REFERÊNCIAS CONSULTADAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Árvore de noni em Apia	15
Figura 2	Crescimento da árvore entre rochas em Kona, Hawaii	15
Figura 3	Noni cultivado em Trairí – CE	17
Figura 4	Fruto imaturo	20
Figura 5	Fruto maduro	20
Figura 6	Noni em processo de maturação anterior ao processamento	21
Figura 7	Suco de noni fermentado	26
Figura 8	Semente de noni	26
Figura 9	Fluxograma do processamento do noni	37
Figura 10	Fluxograma de microfiltração da polpa de noni.....	39
Figura 11	Resinas adsorventes Amberlite®.....	41
Figura 12	Esquema do processo de tratamento do suco microfiltrado com resinas.....	42
Figura 13	Sistema de captura dos voláteis do <i>headspace</i> dinâmico por sucção	49
Figura 14	Isolamento e concentração dos compostos voláteis por <i>headspace</i> dinâmico.....	49
Figura 15	a- Polpa de noni “in natura”; b- Polpa liofilizada	53
Figura 16	a- Suco microfiltrado; b- Suco microfiltrado concentrado; c- Suco fermentado	54
Figura 17	Suco microfiltrado desodorizado: a- Controle; b- XAD 761; c- XAD 4	54
Figura 18	Suco fermentado desodorizado: a- Controle; b- XAD 761; c- XAD 4 .	55
Figura 19	a- Pectina; b- Hemicelulose obtidas da polpa de noni.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Evolução da cor e textura ao longo dos estádios de amadurecimento da fruta	17
Tabela 2	Composição química da polpa de noni submetida a diferentes tratamentos (Média ± desvio padrão)	59
Tabela 3	Glicose e frutose da polpa de noni submetida a diferentes tratamentos (Média ± desvio padrão)	61
Tabela 4	Parâmetros de cor CIELab para a polpa de noni submetida a diferentes tratamentos	62
Tabela 5	Atividade enzimática da polpa noni in natura e fermentada	62
Tabela 6	Composição dos sucos microfiltrado e fermentado submetidos a tratamento com resinas adsorventes (Média ± desvio padrão)	63
Tabela 7	Glicose e frutose dos sucos microfiltrado e fermentado submetidos a tratamento com resinas adsorventes (Média ± desvio padrão)	64
Tabela 8	Pectina, hemicelulose e celulose da polpa <i>in natura</i> (Média ± desvio padrão)	65
Tabela 9	Compostos voláteis presentes nos diferentes produtos de noni	67
Tabela 10	Compostos voláteis presentes no suco de noni clarificado, fermentado e respectivas amostras tratadas com resinas Amberlite ..	69

1. INTRODUÇÃO

Dentre as plantas utilizadas na alimentação humana muitas são também consideradas plantas medicinais. Podem ser classificadas como medicinais as plantas que contém em um ou mais de seus órgãos substâncias que podem ser utilizadas para fins terapêuticos ou que sejam precursoras de semi-síntese quimiofarmacêutica (SANTOS, 1995).

As plantas são únicas em sua habilidade de produzir um extraordinário e variado número de metabolitos secundários. Muitos destes metabolitos têm atributos medicinais. O caráter medicinal das plantas é estudado pelo homem há séculos, e esta tradição permanece atualmente no uso crescente de medicinas alternativas e desenvolvimento de suplementos dietéticos em nossa sociedade (BARTHELSON et al., 2006). Com o reconhecimento da importância das plantas medicinais, a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem incentivado sua utilização com propósitos terapêuticos no mundo todo (MARTINS et al., 1994). Os efeitos benéficos gerados pelos constituintes de uma planta no organismo vivo são verificados a princípio baseando-se nos conhecimentos populares de uso repetitivo e tradicional. Sabe-se que os vegetais e frutas possuem classes de agentes fitoquímicos com diversas ações terapêuticas, como efeitos antioxidantes, antimutagênicos e até anticarcinogênico (KUSAMRAN et al., 1998).

O estudo e a determinação de compostos medicinais ativos que podem ser usados de forma segura é uma prática extremamente vantajosa para o homem. Tais compostos são identificados em partes diversas das plantas, em especial os frutos. No entanto, o seu uso indevido pode trazer riscos, dessa forma são necessários estudos e testes que certifiquem sua segurança. Nos dias atuais, vivemos a necessidade da adoção de bons hábitos alimentares através do consumo de alimentos ricos em nutrientes benéficos. Devido a isso quando os atributos medicinais relacionados a partes de uma determinada planta são divulgados, é comum observar a popularização do seu consumo. Esse fato ocorreu com o noni (*Morinda citrifolia* L.) em escala mundial, em especial o fruto, quando suas propriedades benéficas foram constatadas e à medida que artigos e estudos científicos que sugerem ou confirmam seus benefícios são publicados esse fenômeno se intensifica.

O noni (*Morinda citrifolia* L.) é uma planta originária da Ásia tropical que tem sido extensivamente usada como planta medicinal e corante nos países asiáticos. A

planta foi descoberta pelos ancestrais dos polinésios e tem sido largamente reportada por suas propriedades terapêuticas e nutricionais (WANG et al., 2002). Na Polinésia, todas as partes da planta, casca, raiz, folhas e, principalmente a fruta, são usadas como ervas medicinais há mais de 2000 anos (BUI *et al.*, 2006). As partes da planta são envolvidas em mais de 40 combinações já registradas de remédios herbais (LIU, 2007). Em particular, o suco do noni tem grande demanda na medicina alternativa para o tratamento de diversas doenças como artrite, diabetes, hipertensão sanguínea, dores musculares, doenças cardíacas, cânceres, úlceras gástricas e arteriosclerose (WANG et al., 2002).

Apesar da grande demanda internacional pelos produtos oriundos desta espécie, principalmente o suco de frutas, no Brasil é bastante recente a tentativa de cultivo do noni, realizado empiricamente por pessoas que trouxeram algumas sementes do caribe ou da Polinésia e se tornaram vendedores de sementes e mudas pela internet. No entanto, já existem relatos de plantios em vários estados brasileiros (OTELO, 2006). Devido a todas as características benéficas atribuídas ao fruto do noni, seus derivados já são comercializados no mundo todo, incluindo o Brasil, principalmente em forma de suco e pó. No entanto as informações científicas relacionadas à composição físico-química e nutricional do fruto ainda são escassas, principalmente em relação ao noni que está sendo cultivado no Brasil. Uma vez que a composição química dos frutos em geral varia de acordo com a espécie e condições edafoclimáticas, é fundamental estudar a composição do fruto cultivado no Brasil.

Atualmente a ANVISA não recomenda a comercialização de produtos de noni no Brasil. Segundo a agência, ainda não existem informações científicas suficientes que assegurem o consumo do noni, no entanto sabe-se que o suco ainda é comercializado clandestinamente e que o interesse por seus possíveis benefícios é crescente (ANVISA, 2008). Independente da comercialização no Brasil, já existe um mercado externo para o suco do noni. No entanto, ao contrário da área farmacológica, são poucos os estudos sobre a composição do noni, bem como sobre o seu processamento.

O cultivo do noni tem grande potencial para a geração de novas oportunidades comerciais para o Ceará, devido ao seu elevado valor de mercado e por ser oriundo de um ecossistema semelhante ao encontrado em várias regiões do estado, o que facilita sua adaptação às condições locais. Portanto, na busca de novas alternativas

para o setor produtivo e a maximização do potencial dessa espécie exótica, existe a necessidade de avaliar os materiais já introduzidos no país e o comportamento do noni quando submetido ao processamento como obtenção da polpa, microfiltração, concentração, fermentação e liofilização. Assim, torna-se fundamental estudar a composição do fruto e as alterações decorrentes do processamento. A publicação de pesquisas científicas com o noni pode levar a oferta de novas alternativas para a agroindústria o que pode contribuir como mais uma fonte de recursos para o agronegócio do país.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Estudar as características químicas da polpa de noni e de alguns de seus produtos como polpa liofilizada, suco fermentado, suco microfiltrado e suco microfiltrado concentrado.

2.2. Específicos

- Caracterizar quimicamente a polpa de noni;
- Usar diferentes processos tecnológicos na obtenção de produtos como polpa, polpa liofilizada, suco fermentado, suco microfiltrado e suco microfiltrado concentrado;
- Avaliar as variações nas características químicas da polpa de acordo com os processamentos adotados: liofilização, fermentação, microfiltração, concentração e desodorização;
- Identificar os compostos voláteis da polpa e dos produtos de noni avaliando as mudanças no perfil volátil em função do processamento;
- Avaliar a atividade enzimática das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (G-POL) e polifenoxidase (PPO) na polpa e no suco fermentado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Noni

A seguir será apresentada a classificação botânica do noni:

- Reino: Plantae
- Divisão: Magnoliophyta
- Classe: Magnoliopsida
- Ordem: Gentianales
- Família: Rubiaceae
- Gênero: *Morinda*
- Espécie: *Morinda citrifolia*
- Nome científico: *Morinda citrifolia* L.

(MULLER, 2007)

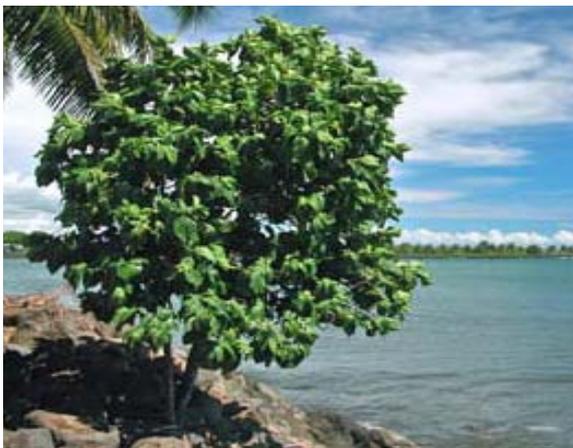


Figura 1: Árvore de noni em Apia asBay, Samoa.

Fonte: NELSON, (2006).



Figura 2: Crescimento da árvore entre rochas em Kona, Hawaii.

O noni (*Morinda citrifolia* L.) é uma espécie da família *Rubiaceae*. Na Polinésia, o noni é segunda mais popular planta usada em remédios herbais para o tratamento de doenças. Em várias culturas pelo mundo também é comumente encontrada pelos nomes Indian Mulberry, Ba Já Tian, Nono ou Nonu, Cheese Fruit e Nhau (WANG *et al.*, 2002). Vários estudos sugerem o uso do noni em tempos de fome. No entanto West (2006) afirma que há muitos séculos, a fruta era um ingrediente apreciado em receitas condimentadas. Segundo Wang *et al.* (2002), a fruta é usada como alimento em regiões tropicais ao redor do mundo há mais de 2000 anos. As raízes da planta também são usadas na produção de corantes amarelo e vermelho, na tintura de roupas e mantas, enquanto a fruta é usada como alimento. É um arbusto com 3 -10 m

de altura, com flores pequenas, brancas e tubulares. A fruta do noni contém muitas sementes e podem atingir 3 a 10 cm de comprimento e 3 a 6 cm de largura, são ovas e carnosas, ligeiramente enrugadas, semi-translúcidas e coloração que varia entre verde e amarelo e após a colheita apresenta odor forte e desagradável. Em condições favoráveis, a planta produz frutos nove meses após o plantio e continua a produzir o ano todo (CHAN-BLANCO *et al.*, 2006).

A *Morinda citrifolia* é uma planta perene sendo comum encontrar frutas em diferentes estágios de maturidade na mesma planta. No primeiro ano a fruta apresenta tamanho inferior, mas já pode ser colhida. No entanto muitos produtores preferem não realizar a colheita no primeiro ano com intenção de permitir que a planta cresça forte. No Hawaii o noni é colhido de duas a três vezes por ano, no entanto durante o inverno a produção é reduzida (CHAN-BLANCO *et al.*, 2006). É considerada uma espécie muito resistente e de boa longevidade. Quando é cultivada exposta ao sol e sem a presença de ventos frios, dificilmente é infectada por doenças ou atacada por insetos. É uma espécie bastante precoce, começa a produzir seus primeiros frutos com aproximadamente um ano de cultivo. Além disso, após ter iniciado a fase produção de frutos ela se torna constante, produzindo o ano inteiro, sendo possível observar em uma mesma planta a ocorrência simultânea de frutos em diferentes estádios de maturação (Figura 3) (CHAN-BLANCO *et al.*, 2006).



Figura 3: Noni cultivado em Trairí – CE

Fonte: Imagem cedida pelo pesquisador Edy Sousa de Brito

Dependendo das técnicas de pós-colheita adotadas, as frutas podem ser colhidas nos mais diversos estádios de desenvolvimento e continuarem amadurecendo. As frutas ficam com a textura macia muito rapidamente, passando do estágio 4 para o 5 em poucas horas. Neste estágio a polpa torna-se quase liquefeita e adquire um odor butílico característico.

Tabela 1: Evolução da cor e textura ao longo dos estádios de amadurecimento da fruta

Estádio de Maturidade	Cor	Textura
1	Verde escuro	Muito firme
2	Verde amarelado	Muito firme
3	Amarelo pálido	Muito firme
4	Amarelo pálido	Firme
5	Acinzentado / Translúcido	Macio

Fonte: CHAN-BLANCO *et al.*, (2006)

A colheita das frutas deve ser manual, devendo ser transportadas em containeres ou cestas no estágio em que ainda estão firmes. A exposição das frutas à luz e a altas temperaturas logo após a colheita parece não comprometer sua qualidade.

Recentemente, a fruta tem sido objeto de estudos relativos às suas propriedades nutracêuticas (CHAN-BLANCO *et al.*, 2006). O noni é predominantemente composto por carboidratos e é rico em polissacarídeos pécnicos (BUI *et al.*, 2006). Diversos componentes fitoquímicos já foram identificados na planta do noni, a maior parte dos micronutrientes identificados são componentes fenólicos, ácidos orgânicos e alcalóides. Entre os componentes fenólicos, os mais importantes são as antraquinonas (WANG e SU, 2001). Além destes, compostos como escopoletina, óxido nítrico, e esteróis podem ser os responsáveis pelos benefícios atribuídos ao consumo do noni (CHAN-BLANCO *et al.*, 2006). Os compostos fenólicos identificados representam o maior grupo de micronutrientes funcionais no suco de noni (WANG e SU, 2001). No entanto, a composição físico-química e nutricional do fruto ainda não foi bem reportada.

A fruta é composta por 90% de água, e muitos dos componentes do peso seco parecem ser de sólidos solúveis, fibra alimentar e proteínas. A composição protéica no suco de noni corresponde a aproximadamente 11,3% do seu peso seco (CHUNHIENG, 2003). Já os minerais correspondem a 8,4% do peso seco, e se constituem principalmente de potássio, cálcio e fósforos (CHUNHIENG, 2003). A presença de vitaminas no fruto também foi reportada, principalmente ácido ascórbico (MORTON, 1992), e pró-vitamina A (DIXON *et al.*, 1999).

Segundo Hirazumi e Furusawa (1999), foram identificados no suco de noni polissacarídeos ricos em substâncias com atividade anti-tumorais para o carcinoma de Lewis em experimentos com ratos. Segundo o estudo, o suco de noni estimula o sistema imunológico, inibindo conseqüentemente o crescimento de tumores. Os compostos com atividade biológica neolignana e americanina A, foram identificados no estudo de Su *et al.* (2005). Tais compostos apresentaram atividade antioxidante *in vitro* e foram identificados em extratos de noni. Outros compostos bioativos foram isolados e identificados na planta de noni, antraquinonas, glicosídeos flavonol, glicosídeos iridoide e lipo-glicosídeos foram os maiores constituintes químicos encontrados na planta do noni (SU *et al.*, 2005).

A temperatura de armazenamento do suco também pode reduzir a capacidade antioxidante, sendo recomendadas temperaturas de refrigeração e congelamento. Quando mantido sob congelamento (- 18° C), o suco teve menor redução da sua capacidade antioxidante (YANG, 2007). Quando aquecido a 65°C e 75°C por até 4 horas não ocorreu redução significativa da capacidade antioxidante do suco de noni. O resultado sugere que a pasteurização do suco não causaria grande queda da sua capacidade funcional. Da mesma forma o suco de noni fermentado apresentou elevada atividade antioxidante em estudo com os extratos etil-acetato (EtOAc) e 1-butanol (BuOH). Aparentemente o mecanismo oxidante está relacionado em parte a capacidade de inativação de radicais hidroxilas atribuída a compostos fenólicos como a quercetina, presentes nos extrato EtOAc. Os resultados sugerem que o suco de noni fermentado tem atividade antioxidante no combate a radicais oxidativos (LIU, 2007). No entanto, o processo de fermentação causa redução significativa da capacidade antioxidante (YANG *et al.*, 2007).

De acordo com tratamentos medicinais tradicionais e pesquisas científicas atuais, o fruto do noni contém vários componentes medicinais ativos que exibem uma

ampla gama de efeitos terapêuticos, inclusive antibacteriano, antiviral, antifúngico, antitumoral, antitérmico, analgésico, hipotensivo, antiinflamatório e estimulador do sistema imune e pode ser usado ainda na prevenção de muitas doenças, inclusive no alívio dos sintomas do diabetes (DIXON *et al*, 1999). Experimentos laboratoriais *in vitro* e *in vivo* com suco, extratos e componentes biológicos isolados do noni, demonstraram que o noni pode conferir benefícios à saúde no combate a radicais livres, efeitos antimutagênicos, inibição da atividade de carcinomas, inibição da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade, atividade antiinflamatória, estimulação do sistema imune, regeneração da função celular e regulação do colesterol (YANG *et al.*, 2007).

O fruto é a parte da planta mais utilizada, principalmente para a produção de suco. Apesar da grande demanda internacional pelos produtos oriundos desta espécie, principalmente o suco de frutas, no Brasil é bastante recente a tentativa de cultivo do noni, realizado empiricamente por pessoas que trouxeram algumas sementes do caribe ou da Polinésia e se tornaram vendedores de sementes e mudas pela internet. No entanto, já existem relatos de plantios em vários Estados brasileiros (OTELO, 2006).



Figura 4: Fruto imaturo



Figura 5: Fruto maduro

Fonte: Imagens cedidas pelo pesquisador Edy Sousa de Brito

3.1.1. PROCESSAMENTO

O processamento de alimentos tem a função primordial de atuar como uma operação de conservação, reduzindo ou evitando alterações indesejáveis nos alimentos. Para a elaboração de novos alimentos faz-se necessário uma série de transformações da matéria-prima através do uso de operações de transformação. Tais

operações visam à obtenção de novos produtos com melhores características funcionais, sensoriais ou nutritivas. Todas as operações de transformação de matérias-primas alimentícias resultam na obtenção de um novo produto, esse fator favorece a grande variedade de produtos alimentícios disponíveis atualmente no mercado evitando uma alimentação rotineira, já que o homem exige dispor de uma grande diversidade de alimentos (PEREDA *et al*, 2005).

O processamento de alimentos envolve uma combinação de procedimentos para obter as modificações desejadas nas matérias-primas. Essas são chamadas de operações unitárias e cada uma possui um efeito específico no alimento. As operações unitárias juntas formam um processo, sendo que a combinação e a seqüência das operações determinam o produto final (FELLOWS, 2006).



Figura 6: Noni em processo de maturação anterior ao processamento

Fonte: NELSON, 2006

Para garantir a qualidade dos produtos processados os frutos de noni devem ser colhidos à mão e postos em cestas de plástico (Figura 6) ou sacos ou para o transporte. As frutas de noni em geral não se danificam facilmente, e geralmente não requer nenhum recipiente especial para o transporte e não requerem refrigeração após a colheita. Anteriormente ao processamento as frutas devem ser lavadas antes que amadureçam inteiramente e tornem-se frágeis. Para a produção do suco, as frutas do noni são armazenadas a temperatura ambiente para atingir o nível ideal de maturação para o processamento. Para a produção de suco fresco, os frutos maduros são

prensados, engarrafados diretamente em recipientes de plástico ou vidro e submetidos a pasteurização e/ou refrigeração (RAM, 2003).

3.1.1.1. DESPOLPAMENTO

É a operação utilizada para separar da polpa o material fibroso, as sementes e a casca. Também tem por finalidade a obtenção de um produto homogêneo, com partículas de tamanho padronizado. A eficiência do despulpamento depende do diâmetro dos furos da peneira utilizada, quanto menor o diâmetro, mais refinada e homogênea será a polpa obtida (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007).

Sabe-se que os ingredientes ativos no noni como polissarídeos e antraquinonas encontram-se principalmente no suco e na polpa, e não nas sementes e cascas (RAM, 2003).

3.1.1.2. LIOFILIZAÇÃO

A liofilização é um método de secagem em que a umidade é removida do alimento em estado sólido (congelado) diretamente para o estado de vapor por sublimação (HELDMAN, HATEL, 1997). Esse método preserva características sensoriais e a textura dos alimentos. O estágio que antecede a liofilização é o congelamento do alimento em equipamentos convencionais. Se a pressão do vapor d'água de um alimento for inferior a 4,58 Torr (610,5 Pa) e a água está congelada o gelo sólido sublima direto para vapor sem se fundir (PEREDA *et al*, 2005; FELLOWS, 2006).

As frutas de noni inteiras ou despulpadas, verdes ou maduras são submetidas a processo de secagem, em seguida são trituradas para obtenção de pós. Esse produto é vendido no atacado ou para a fabricação de cápsulas (NELSON, 2006). A liofilização é um processo de secagem caro, no entanto é muito comum encontrar noni liofilizado no mercado. Isso ocorre devido a teoria de que as enzimas benéficas do noni são inativadas caso o processo de desidratação envolva ar quente, no entanto há alguns sabe-se que essa teoria não é verdadeira. Dessa forma outros métodos de secagem são adotados para a produção de pós. A maioria dos processos de secagem e pulverização envolve a fruta inteira cortando, secando, e moendo as frutas a pó,

incluindo sementes. Há no mercado uma quantidade menor de material seco do noni que não inclui as sementes, onde as mesmas são removidas antes da secagem (RAM, 2003).

3.1.1.3. MICROFILTRAÇÃO

O processo de separação por membranas é aplicado na concentração ou fracionamento de líquidos, obtendo-se dois fluidos de composição diferente, e baseia-se na permeabilidade seletiva de um ou mais componentes do líquido. As moléculas de tamanho inferior ao diâmetro do poro da membrana passam através dela e as de tamanho superior ficam retidas pelo poro por forças repulsivas na superfície da membrana. O fluido que atravessa a membrana é chamado de filtrado ou permeado e o fluido concentrado retido é chamado de retentado. Este contém os sólidos suspensos que foram rechaçados pela membrana (PEREDA *et al*, 2005).

A microfiltração (MF) é um processo que implica no uso de membranas com poros de 0,2 a 10 μm de diâmetro para a separação de partículas dispersas. Separa seletivamente partículas com peso molecular superior a 200 kDa. As membranas separam os diferentes solutos baseando-se no mecanismo de peneira, conforme o tamanho do poro. A relação entre o tamanho da partícula e o tamanho do poro da membrana determina se essa partícula irá ou não atravessar o poro (PEREDA *et al*, 2005; FELLOWS, 2006).

Muitas vezes a microfiltração de sucos de frutas pode estar associada a um tratamento enzimático prévio através de enzimas com atividade pectinolítica. Esse tratamento tem a função de tornar a polpa menos consistente por meio da hidrólise das substâncias pécicas, facilitando o processo de microfiltração (CARVALHO, CASTRO e SILVA, 2008).

3.1.1.4. CONCENTRAÇÃO POR EVAPORAÇÃO Á VÁCUO

A concentração de alimentos líquidos é um método muito importante no processamento de alimentos que se dá pela remoção parcial da água de alimentos líquidos. Em geral, alimentos que passam por concentração preservam o seu estado

líquido ou semi-sólido. Alimentos podem ser concentrados para aumento da sua vida de prateleira, visto que a concentração é um método de conservação, já que ocorre redução da atividade de água do alimento (HELDMAN, HARTEL, 1997). Além disso, a concentração de alimentos líquidos resulta em redução de custos com elaboração, armazenamento e transporte decorrente da grande redução de volume (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007).

O processo de concentração por evaporação é o mais difundido e utilizado na indústria de alimentos (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007). Durante a evaporação o calor sensível do vapor é transferido para o alimento elevando sua temperatura até o ponto de ebulição. A taxa de evaporação é determinada pela taxa de transferência de calor no interior do alimento e pela taxa de transferência de massa de vapor do alimento (FELLOWS, 2006). A evaporação é afetada pela natureza do líquido a ser concentrado e pelo decorrer do processo, uma vez que a densidade e a viscosidade aumentam com o teor de sólidos solúveis em suspensão. Quando o fluido torna-se muito saturado a transmissão de calor não ocorre de forma adequada elevando o ponto de ebulição da solução à medida que o teor de sólidos solúveis aumenta. A formação de um vácuo reduz a pressão na região do líquido a ser evaporado reduzindo também seu ponto de ebulição resultando no aumento da velocidade de evaporação. Além disso, o uso do vácuo possibilita a concentração a baixas temperaturas de alimentos termosensíveis (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007).

Segundo Nelson (2006), suco de noni fermentado pode ser submetido a evaporação instantânea ou a outra tecnologia da evaporação para obtenção do suco concentrado. O produto após concentração pode ser usado para a obtenção de uma série de outros produtos, como sucos ou mesmo usado na fabricação de cosméticos.

3.1.1.5. FERMENTAÇÃO

Os alimentos fermentados estão entre os mais antigos alimentos processados e fazem parte da cultura alimentar de muitos países sendo ainda hoje, um dos principais setores da indústria de processamento de alimentos. A fermentação constitui um processo que origina diversas alterações químicas, biológicas e enzimáticas nos alimentos.

Segundo Fellows (2006), as principais vantagens da fermentação como método de processamento de alimentos são:

- Produção de alimentos que possuem características sensoriais que não podem ser obtidos por outros métodos;
- Baixo consumo de energia;
- Custo operacional relativamente baixo;
- Tecnologias relativamente simples.

O crescimento da contagem microbiana ocorre em uma série de fases, durante a fase exponencial o crescimento celular é constante. A taxa de crescimento eventualmente declina devido à escassez de nutrientes e/ou acúmulo de metabólitos no meio. O aumento da concentração de substrato em geral resulta em um aumento do crescimento celular e a taxa de formação de metabólitos primários é determinada pela taxa de crescimento celular (FELLOWS, 2006).

Os microrganismos que produzem um único metabólito principal são denominados homofermentativos e os que produzem metabólitos diversos são heterofermentativos. As fermentações são classificadas de acordo com os principais produtos fornecidos e as mais importantes são as lácticas, cujos produtos principais são ácidos orgânicos; e etílicas cujos produtos primários são etanol e dióxido de carbono. Muitas fermentações envolvem uma grande diversidade de microrganismos diferentes ou populações microbianas que se formam à medida que ocorrem mudanças no meio, como variações de pH, no potencial redox ou disponibilidade de substratos (FELLOWS, 2006).

No sudeste da Ásia o suco de noni fermentado é bastante popular. Para o processo de fermentação natural as frutas maduras são lavadas, e despulpadas ou inteiras são armazenadas em recipientes. Em algumas ocasiões ocorre adição de água. Com o passar do tempo, o suco é separado naturalmente da polpa da fruta. O tempo mínimo de fermentação para a obtenção do produto é de 60 dias. Transcorrido o tempo o suco é filtrado e engarrafado em recipientes de vidro ou plástico, armazenado em temperatura ambiente sem pasteurização (NELSON, 2006).



Figura 7: Suco de noni fermentado

Fonte: NELSON, (2006).



Figura 8: Semente de noni

Com a fermentação, os açúcares no suco do noni são convertidos a ácidos orgânicos que resultam na redução do pH e elevação da acidez, torna-se menos doce e mais ácido. Alguns dos ácidos orgânicos produzidos são quimicamente muito interessantes e exóticos. Estes ácidos orgânicos podem ter algum valor a ser descoberto em pesquisas futuras (RAM, 2003).

3.1.1.6. ADSORÇÃO E RESINAS ADSORVENTES

Um atributo sensorial característico do noni e de seus produtos é o odor forte e desagradável, especialmente na fruta madura. Como alternativa para minimizar essa característica desfavorável aplicou-se o processo de desodorização por adsorção com o uso de resinas.

Adsorção pode ser definida como o acúmulo de um ou mais componentes em uma camada interfacial, ou seja, é um processo de transferência de um ou mais constituintes de uma fase fluida ou gasosa para a superfície de uma fase sólida. Dessa forma a adsorção se caracteriza pela tendência de acumulação de uma substância sobre a superfície de outra. Denomina-se adsorvente o sólido sobre o qual ocorre o fenômeno de adsorção e adsorbato a espécie química retida pelo adsorvente (ANTÔNIO, 2003).

O termo resina refere-se a uma estrutura complexa formada por unidades monoméricas constantes, ligadas em uma estrutura semelhante a uma rede. Os feixes destas redes são interligados transversalmente por meio de monômero funcional formando uma esfera (*bead*) de tamanho padronizado (MARQUARDT e LIMA., 2001). No processo de adsorção a resina constitui o adsorvente capaz de reter e acumular constituintes compatíveis.

Em 1962 a empresa Röhlm and Haas anunciou a criação de suas primeiras resinas poliméricas e cinco anos depois teve início a comercialização do primeiro adsorvente polimérico chamado Amberlite. Os suportes mais usados para a adsorção de reagentes orgânicos têm sido resinas não-iônicas designadas XAD's (HUBBARD *et al.*, 1998). Atualmente existem vários tipos de resinas poliméricas, a série Amberlite tem sido muito usada na remoção de substâncias e compostos polares, apolares, não aromáticos e aromáticos (ROHM AND HAAS COMPANY, 2008).

As etapas de limpeza e ativação do suporte sólido visam eliminar possíveis interferentes e/ou contaminantes presentes na resina e garantir que os sítios ativos estejam livres para que ocorra o processo de adsorção (ROHM AND HAAS COMPANY, 2008).

3.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

As frutas devem ser bem caracterizadas quanto a seus componentes físico-químicos de tal forma que os produtos delas obtidos apresentem ótima qualidade e bom rendimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.2.1. CARBOIDRATOS

Os carboidratos são os primeiros compostos orgânicos produzidos nas células das plantas através do processo de fotossíntese a partir do dióxido de carbono e da água, constituem a principal fonte de energia na alimentação de grande parte dos povos do mundo. Entre todas as substâncias orgânicas conhecidas os carboidratos são os mais amplamente distribuídos e mais abundantes. Nas plantas há uma grande variedade de carboidratos sendo o amido o açúcar de reserva (PEREDA *et al.*, 2005). Os carboidratos presentes em frutos são principalmente glicose, frutose e sacarose e estes têm importante papel para a doçura dos frutos. As proporções de açúcares

presentes nas frutas variam de acordo com a espécie. Ao longo da maturação até o completo amadurecimento, ocorre elevação nas concentrações de açúcares simples com declínio posterior em função da sua utilização como fonte de energia (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Entre os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade das frutas está a determinação da concentração de açúcares totais, redutores e não redutores. Como o poder adoçante de cada açúcar é diferente, torna-se importante a determinação individual de cada um deles para melhor caracterização do sabor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Entre os polissacarídeos estruturais encontram-se as pectinas, hemiceluloses e celuloses. A celulose é o principal componente estrutural da parede celular dos vegetais. É formada por longas e rígidas moléculas de glicose unidas por ligações β -1,4. O derivado mais importante da celulose é o sal sódico da carboximetilcelulose (CMC) utilizado para aumentar a viscosidade dos alimentos. As hemiceluloses são polissacarídeos solúveis em água que compõe a parede celular vegetal. A maioria das hemiceluloses é formada por heterossacarídeos contendo de 2 a 4 tipos de açúcares. Os que são encontrados com mais frequência são a D-xilose e a L-arabinose. As hemiceluloses são usadas em produtos de panificação com a função de melhorar a retenção de água da farinha aumentando volume da massa. Na alimentação sua importância está associada com os efeitos fisiológicos benéficos sobre a mobilidade intestinal (PEREDA *et al*, 2005).

As substâncias pécticas encontram-se nos tecidos de uma grande variedade de plantas e compreendem um conjunto de gacturonoglicanos com grupos carboxila esterificados com metanol. Constitui as paredes celulares e as lamelas médias das paredes das células vegetais associadas à celulose, formando a protopectina. A protopectina é a substância péctica matriz, insolúvel em água que, por hidrólise parcial, fornecem pectina. A hidrólise mais completa produz ácido péctico, ácido galacturônico e álcool metílico (TAIZ e ZEIGER, 2004). Grande quantidade de protopectina é encontrada nas frutas imaturas, porém, que já tenham atingido o seu pleno desenvolvimento. As pectinas são derivadas da protopectina e referem-se aos ácidos pectínicos solúveis em água, com teores variados de metilação e neutralização. A composição das pectinas varia de acordo com sua origem, existindo na natureza um grande número de pectinas, provenientes das diferentes variedades de frutas e hortaliças, diferentes quanto ao teor de metanol, propriedades físicas, grau de

polimerização e grau de esterificação. O comprimento da cadeia e o grau de esterificação são importantes para determinar propriedades das pectinas como sua capacidade de geleificação. As pectinas com mais da metade dos grupos carboxila esterificados com metanol são pectinas de alta metoxilação, e com menos da metade, pectinas de baixa metoxilação, sendo que as primeiras são ideais para a formação de gel na presença de açúcar e ácido (PEREDA *et al*, 2005; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.2.2. ACIDEZ TITULÁVEL e pH

Nas frutas a acidez é atribuída principalmente à presença de ácidos orgânicos. Em alguns casos os ácidos contribuem não só para a acidez, mas também para o aroma uma vez que alguns são voláteis. Uma vez que há grande variedade de ácidos em frutas, a acidez é variável e depende do tipo e da quantidade do ácido presente e da presença de tampões (CECCHI, 2003). Entre os ácidos mais freqüentes estão o málico e o cítrico. Os níveis de acidez em geral não excedem 2,0%, com raras exceções chega 3,0% e o teor de ácidos na casca é diferente do teor da polpa (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A acidez total corresponde a quantidade de álcali necessária para neutralização do ácido, e é conhecida como acidez titulável. A intensidade da acidez é dada pela concentração de íons hidrogênio dissociados ou livres que existem na solução e é determinada pelo pH (potencial hidrogeniônico).

Nos frutos, os ácidos orgânicos presentes podem estar na forma livre ou esterificada. Nas células os ácidos fracos livres encontram-se associados com seus sais de potássio formando sistemas tampões com papel importante na regulação enzimática. A acidez é usualmente determinada por titulometria ou potenciometria e o pH por potenciometria ou com o auxílio de um papel indicador (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.2.3. SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, de sólidos que se encontram dissolvidos na polpa como açúcares e ácidos orgânicos. Dentre os diversos componentes da fruta, os sólidos solúveis são indicadores de maturidade do fruto, determinado em refratômetro, comumente expressos em °Brix desempenham um papel primordial para a sua qualidade (CECCHI, 2003; CHITARRA e CHITARRA,

2005). O teor de sólidos solúveis apresenta alta correlação positiva com o teor de açúcares da fruta (VENTURA *et al.*, 1998).

3.1.2.4. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

As frutas são as mais importantes fontes de compostos fenólicos na alimentação humana. Especialmente os fenólicos derivados do ácido hidroxibenzóico e do ácido hidroxicinâmico dentre estes cita-se: as antocianinas, os flavonóis, as catequinas e os taninos (hidrolisados ou condensados). Os compostos fenólicos encontrados nas frutas podem se divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. (BURNS *et al.*, 2001; MELO e GUERRA, 2002)

Os compostos fenólicos em geral apresentam uma grande variedade de efeitos biológicos benéficos, incluindo ações antioxidantes, antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora. Na planta os compostos fenólicos atuam na defesa contra agentes externos (luz, temperatura e umidade) e internamente na síntese de hormônios e nutrientes essenciais a planta. A concentração de fenólicos pode ser relacionada com a capacidade antioxidante dos frutos, podendo ser utilizada como parâmetro de qualidade (BURNS *et al.*, 2001; SLUIS *et al.*, 2001; ZHENG e WANG, 2001).

Em estudo para determinação da composição de compostos fenólicos totais Yang *et al.* (2007), foi observado que o suco de noni apresenta altas concentrações de compostos fenólicos totais e que essa composição permanece relativamente constante no suco após dez semanas de fermentação.

3.1.2.5. VITAMINA C

A vitamina C assume importância considerável na alimentação devido a sua participação em vários processos metabólicos. Entre as funções mais importantes do ácido ascórbico está o seu papel como antioxidante, devido a sua capacidade de ceder elétrons. Sua ação evita a oxidação de tocoferóis (vitamina E), além de atuar no mecanismo de produção e manutenção de colágeno. Tem participação importante no metabolismo dos aminoácidos como na hidroxilação da prolina, aminoácido

geneticamente codificado, e na oxidação da fenilalanina e da tirosina. Participa ainda da conversão da folacina em ácido tetra-hidrofólico (THFA); atua na cicatrização de ferimentos, fraturas, contusões e sangramentos na gengiva. A vitamina C também é necessária na redução do ferro-férrico a ferro-ferroso no trato intestinal. (FRANCO, 1982; GERUDE, 1995; COMBS JR, 2002).

O ácido ascórbico é composto por seis carbonos, estruturalmente relacionado com algumas hexoses como a glicose, sendo oxidado no organismo a ácido deidroascórbico. A vitamina C é encontrada nos vegetais em três formas: reduzida a ácido L-ascórbico, ácido mono-dehidroascórbico que é um intermediário instável e ácido L-dehidroascórbico. O ácido L-ascórbico está amplamente distribuído na natureza em altas concentrações, particularmente nas frutas cítricas e nos vegetais verdes, e apresenta atividade vitamínica total. O ácido L-deidroascórbico possui cerca de 80 % de atividade de vitamina C, existindo normalmente um equilíbrio entre as duas formas, sendo o teor de vitamina C total resultante do somatório dos teores de ambos os ácidos (LEHNINGER, NELSON e COX, 1995).

As frutas e vegetais são as principais fontes de ácido ascórbico da alimentação humana e a ingestão diária recomendada está em torno de 70 mg dia⁻¹ para uma pessoa adulta normal (FRANCO, 1999). A vitamina não é sintetizada pelo organismo humano e é eliminada através da urina e suor, por isso a sua ingestão diária é extremamente recomendada.

3.1.2.6. COMPOSTOS VOLÁTEIS

O sabor, uma resposta integrada das sensações de gosto e aroma, é um fator decisivo na escolha e aceitação de alimentos. O gosto é atribuído aos compostos não voláteis presentes nos alimentos, tais como açúcares, sais, limonina e ácidos, determinando os quatro gostos básicos conhecidos como doce, salgado, amargo e ácido. O aroma é atribuído a uma mistura complexa de várias substâncias voláteis, representantes de várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas (FRANCO e JANZANTTI, 2003). O conhecimento científico dos compostos voláteis justifica-se pela importância que estes desempenham na caracterização

sensorial dos frutos e seus produtos. Os compostos voláteis são responsáveis pelo sabor característico dos alimentos, são termolábeis e também facilmente perdidos ou modificados durante o processamento.

O isolamento dos compostos voláteis é uma etapa necessária que antecede a introdução da amostra em um instrumento analítico, visando à eliminação de interferentes e ajuste da concentração a um limite detectável. Entre as abordagens para o isolamento dos compostos voláteis está a Análise do *Headspace* que compreende a análise da fase gasosa em equilíbrio com a fase líquida ou sólida do alimento (FRANCO e JANZANTTI, 2003). A composição volátil do *headspace* corresponde à composição total de voláteis do alimento, como determinada pela matriz de não voláteis. Esta análise não depende apenas da concentração e da pressão de vapor dos compostos voláteis presentes, mas de todos os componentes da matriz, principalmente lipídeos, carboidratos e proteínas, os quais exercem influência na estabilidade e liberação dos compostos responsáveis pelo aroma (FRANCO e JANZANTTI, 2003)

3.1.2.7. ENZIMAS

As enzimas são proteínas globulares solúveis com a finalidade de catalisar reações bioquímicas. São capazes de catalisar determinadas reações sem causar reações secundárias, devido a sua grande especificidade. As enzimas ocorrem naturalmente nos alimentos e são provenientes dos tecidos de plantas, animais ou microrganismos. Nos alimentos em geral são responsáveis por mudanças benéficas, como na produção de bebidas fermentadas; ou prejudiciais, quando essas mudanças implicam em perdas na qualidade nutricional e sensorial. (PEREDA *et al*, 2005). Tais reações são importantes tanto para alimentos *in natura* como para os processados (BOBBIO e BOBBIO, 1992). O controle das reações enzimáticas determina, em geral, a qualidade de produtos alimentícios processados (MAIA, SOUSA E LIMA, 2007). Dessa forma a avaliação da atividade enzimática pode ser usada para monitoramento da qualidade e da vida de prateleira dos frutos.

Algumas enzimas atuam nos tecidos vegetais como antioxidantes seqüestrando radicais livres resultantes do estresses oxidativos, tais como: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), guaiacol peroxidase (G-POD), e ascorbato peroxidase (APX) (CHITARRA e CHITARRA, 2005). As reações de escurecimento

enzimático são causadas por enzimas oxidativas que atuam sobre substratos que compõem as frutas, entre estas enzimas está a polifenoloxidasas (PPO) (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007).

A superóxido dismutase (SOD) é responsável pela eliminação de radicais superóxido e é considerada enzima antioxidante chave em células aeróbicas. O metabolismo celular leva a produção de espécies reativas oxigênio, incluindo o radical superóxido (O_2^-) e hidrogênio peroxidase ($H_2O_2^-$). O acúmulo destas espécies reativas resulta em estresse oxidativo, e se não corrigido, pode levar danos celulares, dessa forma a SOD representa o mecanismo central de defesa dos seres vivos (CAMPANA *et al.* 2004)

A catalase (CAT) tem como função decompor o peróxido de hidrogênio resultante do metabolismo celular (PEREDA *et al.*, 2005) Presente nos peroxissomos, protege a célula dos efeitos tóxicos do peróxido de hidrogênio catalisando a reação de decomposição do H_2O_2 em $H_2O + O_2$, sem a produção de radicas livres. A catalase é a única entre as enzimas degradantes de peróxido de hidrogênio que não consome equivalentes redutores celulares. Possui ainda um mecanismo muito eficiente para remover o peróxido de hidrogênio formado nas células sob condições de estresse (MALLICK E MOHN, 2000). Devido a sua termosensibilidade a catalase é usada como indicador da eficiência do branqueamento de frutas e vegetais antes do armazenamento (ARAÚJO, 2004).

A guaiacol peroxidase (G-POD) são enzimas que catalisam a oxidação do substrato simultaneamente a redução do peróxido de hidrogênio. Participam de vários processos metabólicos incluindo regulação do crescimento celular e proteção contra estresses (TEKCHANDANI e GURUPRASAD, 1998). Experimentos *in vitro* demonstraram que a guaiacol peroxidase catalisa a oxidação dos doadores de hidrogênio devido a ausência de substratos específicos (FIELDES e GERHARDT, 1998).

A Ascorbato peroxidase (APX) é a enzima envolvida no principal sistema de remoção das espécies reativas nos cloroplastos e mitocôndrias dos tecidos vegetais. O ciclo do ascorbato-glutationa, tem a ascorbato peroxidase (APX) como enzima chave, catalisando a conversão do peróxido de hidrogênio em água, usando ascorbato

como doador de elétrons. Esse mecanismo é fundamental para proteger as membranas celulares e as organelas vegetais contra os efeitos danosos causados pela ação do estresse oxidativo sobre o tecido (NEILL *et al.*, 2002).

Certas frutas quando são trituradas, amassadas ou cortadas, rapidamente escurecem, esse evento é resultado de reações catalisadas pela polifenol oxidase (PPO). Os efeitos resultantes da ação da PPO em frutas acarretam comprometimento da qualidade nutricional e sensorial ocasionando perdas econômicas (ARAÚJO, 2004). Quando a estrutura celular da fruta é rompida a enzima é liberada e oxida os compostos fenólicos presentes nas frutas, na presença de oxigênio, com a formação de quinonas que se polimerizam formando melanoidinas e pigmentos escuros (MAIA, SOUSA e LIMA, 2007).

O escurecimento enzimático dos tecidos vegetais depende não só do tipo e concentração do substrato, mas também do tipo de polímero formado a partir da quinona. Cultivares com baixa atividade da PPO são desejáveis para o processamento, no entanto produtos com alta atividade desta enzima podem ser mais resistentes ao ataque de patógenos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

3.1.2.8. COR

As cores podem ser expressas nos termos de sua matiz (cor), de luminosidade (brilho), e de saturação. O sistema de cor de L a b , foi estabelecido em 1976 para fornecer diferenças mais uniformes da cor com relação as diferenças visuais. Este sistema é usado atualmente no mundo inteiro para expressar a cor. O sistema Lab Hunter é um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de luminosidade (L), vermelho versus verde (a) e amarelo versus azul (b). Os colorímetros fazem determinações de cores com resultados imediatos de acordo com cada sistema de cor (KONICA MINOLTA, 1998).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos Laboratórios de Físico-Química de Alimentos, Análise Instrumental e Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza/CE.

4.1. MATERIAL

Os frutos foram obtidos em uma propriedade localizada em Traíri – CE, a 109 km de Fortaleza. Foram colhidos pela manhã, no estágio de maturação verde, acondicionados em caixas plásticas e em seguida conduzidos a unidade de processamento na Embrapa Agroindústria Tropical por meio de transporte rodoviário, durante aproximadamente 2 horas. O processamento, em escala piloto, foi realizado após uma pré-seleção descartando os frutos injuriados e aqueles em fase de senescência muito avançada. Os frutos foram lavados em água corrente e em seguida selecionados com a finalidade de padronizar o seu estágio de maturação.

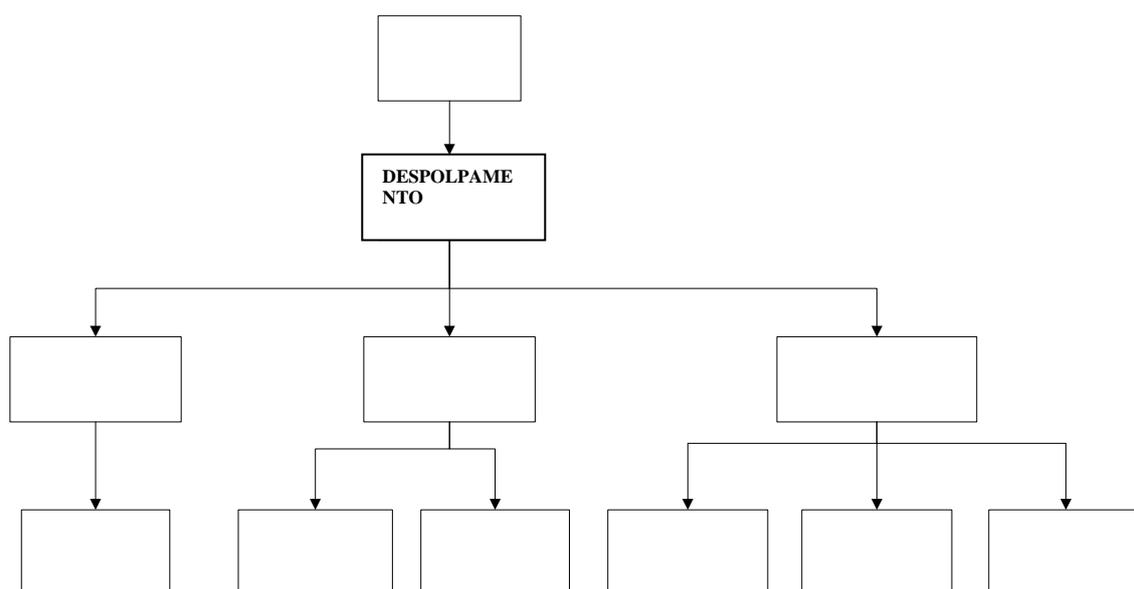


Figura 9: Fluxograma do processamento do noni.

4.1.1. Obtenção da polpa

Para a operação de despolpa 30 kg de noni pré-selecionados foram pesados e em seguida despulpados em uma despulpadeira bonina modelo 0.25 df ITAMETA para a remoção das cascas e sementes. A polpa extraída foi pesada para cálculo de

rendimento, e parte foi embalada em sacos de polietileno, que foram selados em uma seladora Sulpack SP-350, e congelada a -18°C em freezer até a realização das análises. A outra parte da polpa foi armazenada para liofilização, fermentação e microfiltração.

4.1.2. Liofilização da polpa

Após análise dos sólidos solúveis, a polpa foi acondicionada em placas de Petri previamente taradas e congeladas a -18°C em freezer. Em seguida, as placas foram dispostas na prateleira do liofilizador da marca TERRONI FAUVEL modelo LC 1500. O processo de liofilização durou, em média, 24 horas. A polpa liofilizada foi pesada para cálculo de rendimento e acondicionada em embalagens de vidro hermeticamente fechadas revestidas com folha de alumínio para impedir a passagem da luz e armazenadas a -18°C em freezer até a realização das análises. O líquido condensado no liofilizador durante o processo foi recolhido e congelado a -18°C em freezer para posterior análise de composição volátil. Para as análises, o material liofilizado foi resuspendido em água destilada até atingir a concentração inicial de sólidos solúveis da polpa fresca. O condensado da liofilização acumulado no liofilizador foi coletado e armazenado para análises de composição volátil.

4.1.3. Microfiltração da polpa

A polpa de noni foi submetida a um pré-tratamento enzimático utilizando 0,005% (p/v) de pectinase SPL Pectnex, Ultrazyme, durante uma hora, a temperatura de 30°C . A polpa foi pesada e acondicionada em recipiente de aço inoxidável, em seguida a enzima foi acrescentada e homogeneizada. A polpa hidrolisada foi conduzida para um sistema de microfiltração, com tamanho de poro de $0,2\mu\text{m}$. O suco microfiltrado foi engarrafado em embalagens de plástico e armazenado a -18°C em freezer. Parte do suco foi reservada para processo de concentração e desodorização.



Figura 10: Fluxograma de microfiltração da polpa de noni.

4.1.4. Concentração por evaporação à vácuo

Após análise dos sólidos solúveis o suco microfiltrado foi concentrado por evaporação à vácuo, em evaporador rotativo TECNAL a 60°C até 70° Brix. O concentrado foi armazenado em recipiente de vidro hermeticamente fechado revestidos com folha de alumínio para impedir a passagem da luz e armazenados a -18°C em freezer até a realização das análises. Para as análises, o concentrado foi resuspendido com água destilada até atingir a concentração inicial de sólidos solúveis do suco microfiltrado.

4.1.5. Fermentação da polpa

A polpa foi acondicionada em recipiente inoxidável previamente lavado e higienizado com solução com 20 ppm de hipoclorito de sódio. A abertura do recipiente foi fechada com saco plástico e a polpa foi submetida a fermentação natural por 60 dias a temperatura ambiente. Transcorrido o período de 60 dias o material fermentado foi filtrado, sendo mantido em garrafas PET e armazenado a -18°C em freezer.

4.1.6. Desodorização dos sucos microfiltrado e fermentado com resinas adsorventes

Para o processo de desodorização os sucos clarificado e fermentado foram tratados com as resinas AMBERLITE® XAD 4, XAD 761, FPA 54, FPX 66 (Figura 13).



Figura 11: Resinas adsorventes Amberlite®

4.1.6.1. Ativação das resinas

Cada resina foi ativada separadamente em colunas individuais. Durante três horas, a cada 15 minutos, 50 mL de água destilada a 60°C foi vertida lentamente nas colunas contendo as resinas.

4.1.6.2. Desodorização

Em erlenmeyer de 150 mL contendo 50 mL de suco microfiltrado, foram acrescentados 10g de resina. Após homogeneização manual a mistura foi submetida a agitação em *shaker* orbital (TE-420 marca Tecnal) a 150 rpm por 1 hora (Figura 15). O suco desodorizado foi separado da resina por filtração em papel de filtro, embalado em garrafas PET e armazenado a -18°C em freezer.

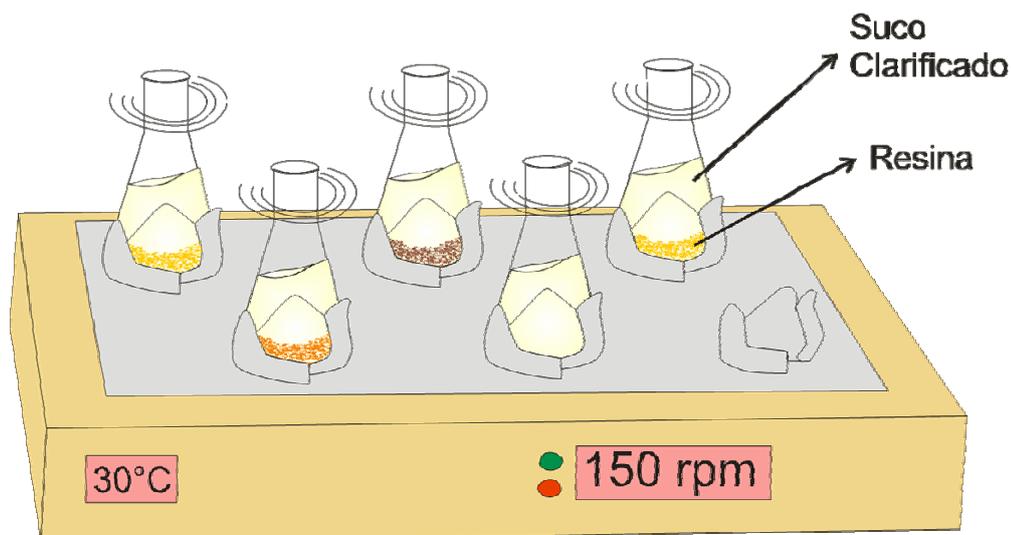


Figura 12: Esquema do processo de tratamento do suco microfiltrado com resinas.

4.1.6.3. Lavagem das resinas

Após utilização, as resinas podem ser reaproveitadas, para tanto são lavadas com NaOH 20% 3 vezes, e em seguida deixadas em repouso com NaOH 20% durante três dias efetuando 2 trocas do reagente por dia. Uma última lavagem é feita com água destilada para remoção do NaOH e então as resinas são armazenadas em metanol P.A. sob refrigeração até a próxima utilização.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA POLPA DE NONI "IN NATURA" E SEUS PRODUTOS

4.2.1. Acidez titulável

Para a determinação de AT adicionou-se 0,5 g de polpa diluída em 50 mL de água destilada. Depois de homogeneizada a solução foi filtrada, com papel de filtro qualitativo, e adicionou-se 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína. Em seguida, foi feita a titulação com solução de NaOH (0,1 N) até a mudança de cor para róseo claro. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, segundo metodologia descrita pelo IAL (1985).

4.2.2. Vitamina C

As análises de vitamina C foram realizadas segundo o método colorimétrico (PEARSON e COX, 1976).

- Preparo da curva padrão

Em uma série de balões volumétricos de 100 mL, foram adicionados 1,2,3,4 e 5 mL da solução de ácido ascórbico 0,1%. Completou-se o volume com ácido oxálico 0,4%. O espectrofotômetro foi zerado com água destilada, ao comprimento de onda de 520 nm. Em um tubo de ensaio transfira 1 mL de ácido oxálico 0,4%. Adicionou-se 9 mL da solução corante de DFI e realize a leitura L1. Adicionou-se ao tubo de ensaio alguns cristais de ácido ascórbico, para descorar a solução, e realize a leitura L1A. De cada balão, foi transferido 1 mL da solução para dois tubos de ensaio. Em um deles adicionou-se 9 mL de água destilada. O aparelho foi zerado novamente com esta solução. No outro tubo foi adicionado 9 mL de DFI e realizada a leitura L2. Adicionou-se a este tubo de ensaio alguns cristais de ácido ascórbico e foi realizada a leitura L2A. A operação foi repetida para cada balão.

A curva de L contra Concentração foi plotada, onde:

$$L = (L1 - L1A) - (L2 - L2A)$$

C = concentração de ácido ascórbico em mg/100 mL.

- Determinação

Aproximadamente 5 g da amostra (ou quantidade conveniente) foi pesada em um béquer. Adicionou-se 40 mL de ácido oxálico 0,4% e foi agitada por 5 minutos. Transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com ácido oxálico. A solução foi filtrada em papel de filtro. Procedeu-se como no preparo da curva padrão para determinação de L1 e L1A. Transferiu-se 1 mL do filtrado para dois tubos de ensaio. Em um deles foi adicionado 9 mL de água destilada. Zerou-se novamente o aparelho com esta solução. No outro tubo adicionou-se 9 mL de DFI e foi realizada a leitura L2. Adicionou-se a este tubo de ensaio alguns cristais de ácido ascórbico e realizada a leitura L2A.

4.2.3. pH

As medidas de pH foram realizadas por potenciometria em pHmetro digital QUIMIS modelo Q400A, calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e pH 4,0. Determinou-se o pH por imersão direta dos eletrodos na amostra, conforme AOAC (1992).

4.2.4. Carboidratos

A análise de carboidratos foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Resolução (CLAE).

4.2.5. Sólidos solúveis (°Brix)

As determinações de sólidos solúveis foram feitas em refratômetro digital (ATAGO PR-101) com escala de 0 a 45 °Brix, através da leitura direta. Os resultados foram expressos °Brix, de acordo com o AOAC (1992).

4.2.6. Compostos fenólicos totais

Foram determinados segundo o método colorimétrico de Folin-Denis, de acordo com a AOAC (1975). Pesaram-se 5 g da amostra em um Becker e adicionou-se 40 mL de água destilada. Em seguida, a amostra foi levada para banho-maria (5 minutos/ 75°C). Após resfriamento, adicionou-se 100 mL de água destilada e filtrou-se com papel de filtro qualitativo. Seqüencialmente adicionou-se 15 mL de água destilada, 5 mL do filtrado, 5 mL do Reagente de Folin-Denis e 10 mL da solução saturada de carbonato de sódio em um balão de 100 mL. Deixou-se em repouso por 30 minutos e efetuou-se a leitura em Espectrofotômetro a 760 nm. Os resultados foram expressos g.100gpolpa-1 de ácido tânico.

4.2.7. Pectina, celulose e hemicelulose

A pectina foi quantificada de acordo com a metodologia de SCHIEBER, *et al.* (2005). A análise teve início com a pesagem de 30 g de polpa, que foram diluídas em

300 mL de etanol (80% v/v) em fervura, permanecendo em aquecimento por 1 hora a 80°C. Centrifugou-se a solução a 15.000 g a 40°C durante 10 minutos. O resíduo da centrifugação foi lavado com etanol 80% quente, em filtração a vácuo. O filtrado foi agitado em *shaker* orbital (TE-420 marca Tecnal) a 150 rpm a 30°C com acetona por 12 horas. Em seguida filtrou-se com papel de filtro e secou-se em exaustor por 24 horas. Assim obteve-se o AIR (resíduo insolúvel em álcool) e pesou-se. Coletou-se 0,8 g do AIR e diluiu-se em 50 mL de solução alcalina de EDTA (0,05 M NaOH; 0,5 mM EDTA) para agitação por 1 hora a 30°C. Em seguida, centrifugou-se a 15.000 g durante 20 minutos. Esta operação de adição de EDTA, agitação e centrifugação foi repetida, reservando o resíduo para a quantificação da hemicelulose. Juntaram-se os dois sobrenadantes da centrifugação e o pH foi ajustado para 6,5 com HCl. Colocou-se a solução na diálise em membranas Dialysis tubing cellulose de tamanho 25 x 16 mm (SIGMA – ALDRICH) com água destilada por 48 horas. O líquido dialisado foi liofilizado em liofilizador da marca TERRONI FAUVEL modelo LC 1500 por 24 h. Após a liofilização, a pectina foi pesada.

Para a determinação de hemicelulose o resíduo reservado na análise de pectina foi lavado com 100 mL de água destilada, em filtração a vácuo, e agitada por 5 horas com 50 mL de solução NaOH 16% em *shaker* orbital (150 rpm/ 30°C). Em seguida, centrifugou-se a 15000 g durante 20 minutos e reservou-se o resíduo para quantificar a celulose. Ajustou-se o pH do sobrenadante para 6,5 usando HCl e colocou-se a solução na diálise, repetindo as etapas da quantificação de pectina. A celulose + lignina foi determinada lavando-se o resíduo reservado, em filtração a vácuo, e adicionando-se 100 mL de água destilada. Colocou-se a solução na diálise, repetindo as etapas acima. Após a pesagem, a amostra foi incinerada em forno mufla a 550°C. Os resultados foram encontrados através da relação do peso de cada carboidrato determinado com o peso do AIR total da amostra e expressos em %. Para determinar celulose + lignina, primeiramente calculou-se o peso das cinzas para ser abstraído e, em seguida, procedeu-se o mesmo cálculo feito com a pectina e a hemicelulose.

4.2.8. Proteína

Foi determinada de acordo com o método de Bradford (1976) usando albumina bovina (BSA) como padrão.

4.2.9. Atividade enzimática

Amostras liofilizadas da polpa “in natura” e do suco fermentado foram submetidas a ensaios de atividade enzimática de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (G-POL) e polifenoloxidase (PPO) no Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular-UFC.

- Preparação do extrato enzimático

0,2 g de polpa liofilizada foram homogeneizados em um almofariz contendo 5 mL de solução fria para extração (potássio-fosfato 100 mM, pH 7,0, EDTA 0.1 mM). O homogeneizado foi filtrado através de pano de musselina e centrifugado a 12.000 g por 15 minutos. A fração do sobrenadante foi usada como extrato bruto para ensaios da atividade enzimática e todas as etapas precedentes foram realizadas a 4° C.

- Ensaio de atividade enzimática

A atividade da superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) foi determinada medindo sua capacidade de inibir a redução fotoquímica do cloreto azul de nitrotetrazólio (NBT), como descrito por Giannopolitis e Ries (1977). A mistura de reação (1,5 mL) contendo fosfato 50 mM (pH 7,8), EDTA 0,1 µM, metionina 13 mM, NBT 75 mM, riboflavina 2 mM e 50 mL do extrato enzimático. A riboflavina foi adicionada por último e os tubos foram agitados e iluminados com duas luzes fluorescentes tubulares de 20-W. A reação ocorreu durante 15 minutos, em seguida as luzes foram apagadas e os tubos cobertos com um pano preto. A absorvância da mistura foi medida em 560 nm. Uma unidade da atividade de enzimática (UEA) é definida como a quantidade de enzima exigida para causar uma redução de 50% da taxa de fotoredução do NBT, os resultados foram expressados em UEA por mg de proteína.

A atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6) foi medida de acordo com o método de Beers e Sizer (1952). A solução de reação (1,5 mL) consistiu de fosfato 100 mM (pH 7,0), EDTA 0,1 µM, H₂O₂ 20 mM e 50 µL do extrato enzimático bruto. A reação foi iniciada adicionando o extrato enzimático e a redução de H₂O₂ foi monitorada em absorvância de 240 nanômetros e quantificada por coeficiente molar de extinção (36

$M^{-1} cm^{-1}$). Os resultados foram expressos em $\mu mol H_2O_2$ por o minuto por mg de proteína.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX, EC 1.11.1.1) foi analisada de acordo com Nakano e Asada (1981). A solução de reação (1,5 mL) foi composta por fosfato de 50 mM (pH 6,0), EDTA 0,1 μM , ascorbato 0,5 mM como o doador, H_2O_2 1,0 mM e 50 mL do extrato enzimático bruto. A reação foi começada pela adição H_2O_2 . A oxidação do ascorbato foi medida 290 nm. A atividade enzimática foi medida usando o coeficiente molar de extinção para o ascorbato ($2.8 mM^{-1} cm^{-1}$) e os resultados foram expressos em $\mu mol H_2O_2$ por minuto por mg de proteína, considerando que 2 moles de ascorbato são requeridos para a redução de 1 mol de H_2O_2 .

A atividade da peroxidase do guaiacol (G-POD, EC 1.11.1.7) foi analisada de acordo com Matsuno e Uritani (1972). A solução do ensaio conteve 5 mL do fosfato-citrato 0,1 M (pH 5,8), 0,5 mL do guaiacol, usado como doador, 0,5 mL de H_2O_2 3% como substrato e 0, 5 mL do extrato enzimático bruto. A taxa de mudança na absorbância a 470 nm foi medida e uma unidade de atividade de G-POD foi definida como 0.001 ΔA_{420} por minuto e os resultados foram expressos em UEA por mg proteína.

A atividade da polifenoloxidase (PPO, EC 1.10.3.1) foi analisada de acordo com Matsuno e Uritani (1972). A solução do ensaio conteve 1,8 mL de fosfato 0,1 M (pH 6,5), 0,05 mL de pirocatecol 0,1 mM e 0,5 mL do extrato enzimático bruto. A taxa de mudança na absorbância a 395 nm foi medida e uma unidade de atividade de PPO foi definida em 0,001 ΔA_{395} por minuto e os resultados foram expressos em UEA por mg de proteína.

- Preparo das amostras

As amostras foram diluídas em 1/10 (p/v) em água destilada e filtradas em papel de filtro. Em seguida foram filtradas em cartuxo de extração em fase sólida VARIAN com recheio C18 e congeladas até o momento da injeção.

- Análise

Foram injetados 100 μL de cada amostra no cromatógrafo VARIAN com coluna VARIAN Meta Carb 87 P, de dimensões 300 x 7,8 mm, fluxo 0,6 mL/minuto e temperatura da coluna 60° C. A fase móvel usada foi água Mili-Q e a identificação e

quantificação foi feita através de padrão de carboidratos injetado na coluna anteriormente.

4.2.10. Compostos voláteis

- Extração de compostos voláteis do “headspace” da polpa de noni e adsorção em PoraPak-Q

Para a extração dos compostos voláteis do “headspace” 20g de amostra foi diluída em 20 mL de água destilada em um balão volumétrico de 100 mL com boca rosqueada. Em seguida foi acrescido 12g de cloreto de sódio, para ajudar na volatilização e 1 mL de uma solução de 100 ppm de 2-metil butanoato de metila, como padrão interno. Os compostos voláteis foram isolados por adsorção em polímero poroso pela técnica de enriquecimento em headspace dinâmico por sucção (Figura 17), segundo metodologia descrita por Franco e Rodrigues-Amaya (1983).



Figura 13 – Sistema de captura dos voláteis do *headspace* dinâmico por sucção.

Foi utilizado o polímero Porapak Q, 80-100 mesh, da Waters Associates e, os voláteis foram capturados sob vácuo de aproximadamente 70 mmHg por um período de 2 horas. Na seqüência, os voláteis foram eluídos do polímero com 300 μ L de diclorometano e armazenados a -18° C.

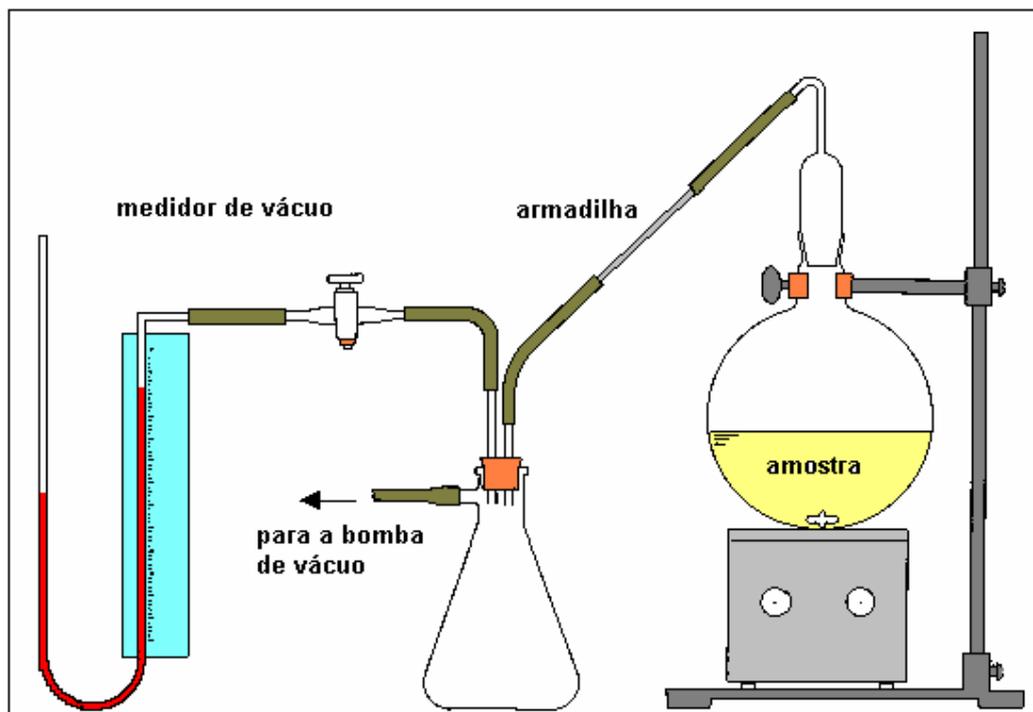


Figura 14: Isolamento e concentração dos compostos voláteis por headspace dinâmico

- Análise por cromatografia gasosa-espectrometria de massas

O isolado foi analisado por cromatografia gasosa de alta resolução em cromatógrafo gasoso VARIAN, modelo CP- 3380, acoplado a um microcomputador equipado com o programa STAR WORKSTATION. Foi injetado 1 μL do isolado, nas seguintes condições cromatográficas: coluna DB-5 de sílica fundida com 30m de comprimento, 0,25mm de diâmetro interno e espessura do filme da fase ligada 0,25 μm ; hidrogênio como gás de arraste, velocidade linear de 1,5 mL/minuto, injetor tipo splitless a 220°C, detector de ionização de chama (FID) a 250° C. A programação da temperatura da coluna teve início a 30°C mantida por 10minutos, sendo elevada até 90°C a 5°C /minuto atingindo temperatura final de 200°C a 20°C /minuto, a qual foi mantida por 10 minutos.

O isolado dos voláteis em todas as etapas para obtenção dos espectros de massa foi analisado em um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massas SHIMADZU modelo QP2010, nas mesmas condições cromatográficas utilizadas no CG- FID. Os parâmetros empregados foram o Hélio como gás de arraste a 1mL/mim, temperatura do detector 25°C, voltagem de ionização 70eV e velocidade de “scan” 666 uma/s.

- Índices de retenção

O método para calcular o índice de Kovats consiste na introdução de uma série de n-alcenos (C8 – C21) conjuntamente com a amostra analisada, através da união de 1,0 µL da mistura de alcanos a 1,0 µL da amostra em uma microseringa e posterior injeção em cromatógrafo gasoso, utilizando as mesmas condições cromatográficas reportadas no item anterior. Este índice de retenção usa a interpolação linear entre os marcadores dos hidrocarbonetos.

- Identificação dos compostos voláteis

A identificação dos compostos foi baseada na forma de fragmentação através da comparação do espectro de massas e dos valores dos índices de retenção de Kovats do composto desconhecido com os dados da biblioteca de database do NIST (National Institute of Standards and Technology, EUA). Compostos para os quais não foi possível encontrar o Índice de Kovats teórico foram considerados como não identificados. A quantificação dos compostos foi estimada por meio da divisão das áreas dos picos dos compostos pela área do padrão interno.

4.2.11. Cor instrumental

Foi determinada usando colorímetro (MINOLTA CR-300), com valores expressos em L^* , a^* b^* . O sistema CIElab (Comissão Internacional de d'Eclairage), possibilita sua medição através dos parâmetros de cor: L^*

4.2.12. Atividade antioxidante total

Foi determinada na polpa da fruta “in natura” pelo método da captura do radical livre ABTS (RUFINO, *et al.*, 2007).

- Obtenção dos extratos da fruta

Pesaram-se 20 g de polpa de noni “in natura” em um béquer de 100 mL, adicionaram-se 40 mL de metanol 50%, após homogeneização foi mantida em

repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. A mistura foi centrifugada a 25.406,55 g (15.000 rpm) durante 15 minutos, o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionaram-se 40 mL de acetona 70%, após homogeneização foi mantida em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. A mistura foi novamente centrifugada a 25.406,55 g (15.000 rpm) durante 15 minutos, o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completou-se o volume para 100 mL com água destilada.

- Determinação da atividade antioxidante total (AAT)

A partir do extrato obtido no item anterior, foram preparados tubos de ensaio, de no mínimo, três diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 30 μ L de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS \cdot + e foi homogeneizada em agitador de tubos. A leitura foi feita (734 nm) após 6 minutos da mistura e foi utilizado álcool etílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorvâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, foram plotadas a absorvância no eixo Y e a diluição (mg/L) no eixo X. Em seguida, determinada a equação da reta. Para calcular a AAT, foi substituída na equação da reta a absorvância equivalente a 1.000 μ M do padrão trolox (Eq. 1). O valor obtido para o termo x correspondeu à diluição da amostra (mg/L) equivalente a 1.000 μ M de trolox (Eq. 2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PRODUTOS OBTIDOS

Foram obtidos neste trabalho os seguintes produtos:

- Polpa “in natura” (Figura 15 a);
- Polpa liofilizada (Figura 15 b);
- Suco microfiltrado (Figura 16 a);
- Suco microfiltrado concentrado (Figura 16 b);
- Suco fermentado (Figura 16 c);
- Suco microfiltrado desodorizado (Figura 17);
- Suco fermentado desodorizado (Figura 18).

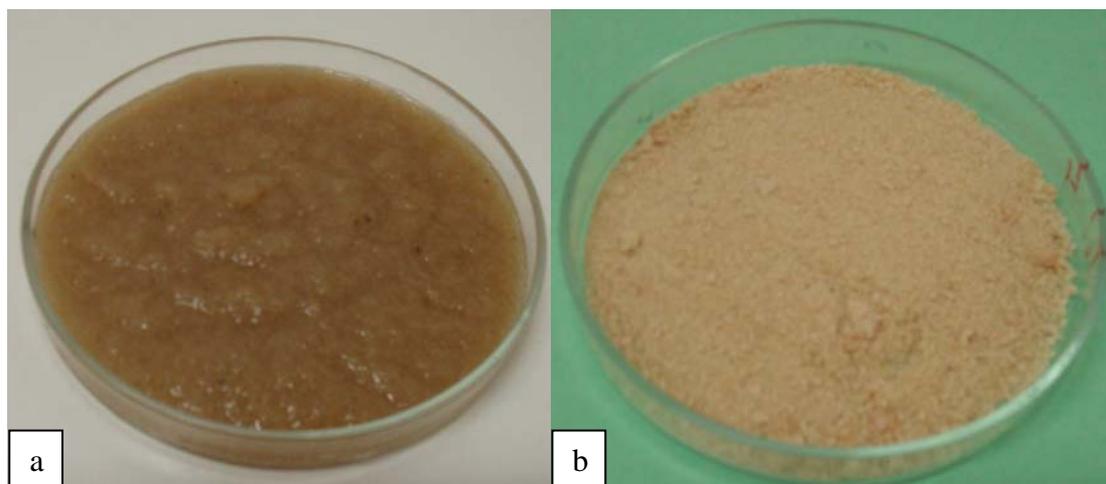


Figura 15: a Polpa "in natura";

b- Polpa liofilizada

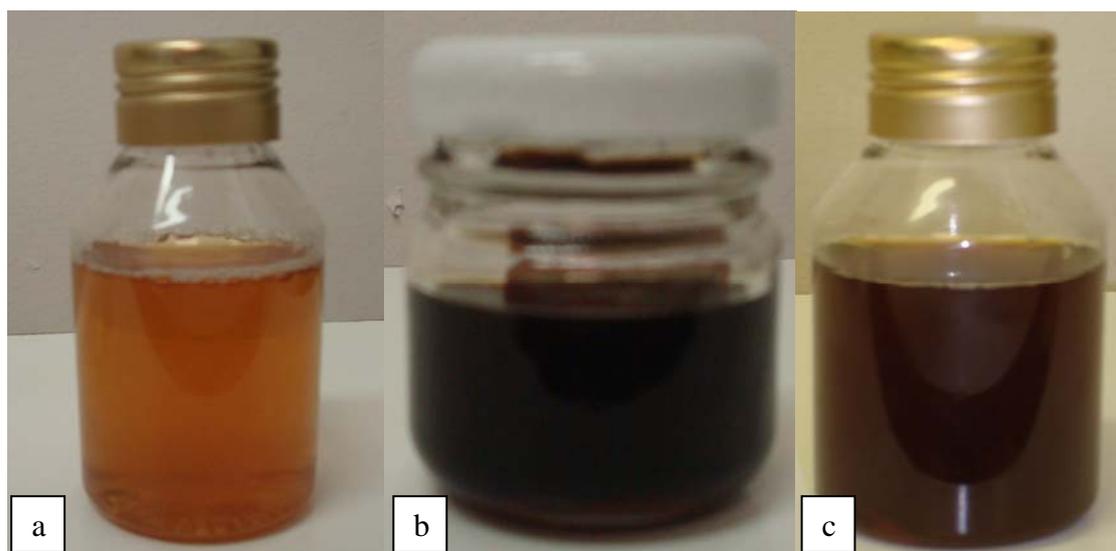


Figura 16: a- Suco microfiltrado; b- Concentrado; c- Suco fermentado

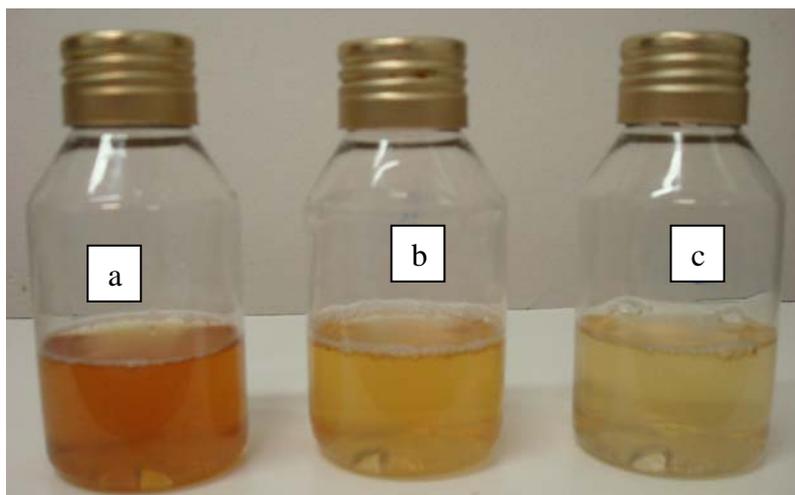


Figura 17: Suco microfiltrado desodorizado: a- Controle; b- XAD 761; c- XAD 4

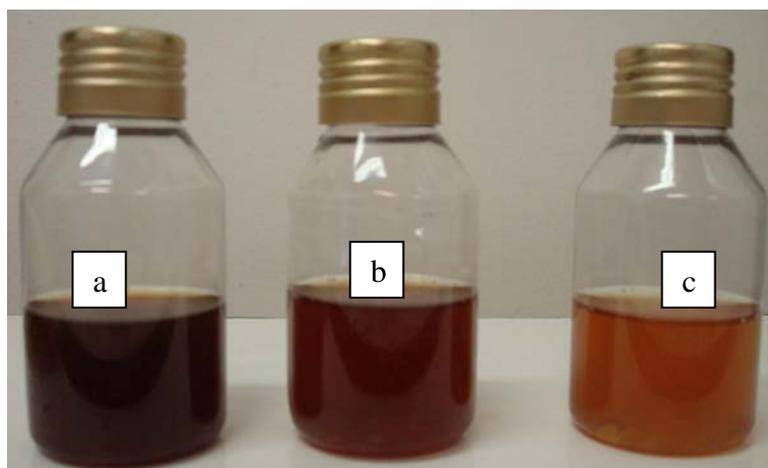


Figura 18: Suco fermentado desodorizado: a- Controle; b- XAD 761; c- XAD 4

5.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios obtidos com a caracterização química da polpa de noni “in natura” e da polpa submetida a diferentes tratamentos.

TABELA 2. Composição química da polpa de noni “in natura” submetida a diferentes tratamentos (Média ± desvio padrão).

Tratamentos	Vitamina C (mg/100g)	Acidez (g ác. citrílico/100g)	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Fenólicos totais (mg/100g)
Polpa “in natura”	105,3 ± 0,3	0,86 ± 0,03	3,80 ± 0,07	8,6 ± 0,1	160,84 ± 0,21
Suco microfiltrado	183,9 ± 1,1	0,61 ± 0,01	3,81 ± 0,00	8,3 ± 0,0	80,29 ± 0,29
Suco microfiltrado concentrado	1051,1 ± 0,0	0,69 ± 0,01	3,86 ± 0,00	70,0 ± 0,0	1605,85 ± 9,90
Polpa liofilizada	748,9 ± 5,0	0,32 ± 0,01	3,83 ± 0,01	8,7 ± 0,0	1590,42 ± 13,25
Suco fermentado	51,2 ± 1,3	1,13 ± 0,00	3,37 ± 0,00	8,4 ± 0,0	192,50 ± 2,91

Os resultados das análises de vitamina C da polpa “in natura” e dos produtos, com excessão do suco fermentado, mostram que o noni pode ser considerado uma

fonte elevada de vitamina C, pois segundo Andrade *et al.* (2002), as fontes de ácido ascórbico são classificadas em: fontes elevadas contendo de 100 a 300 mg/100g, fontes médias contendo de 50 a 100 mg/100g e fontes baixas contendo de 25 a 50 mg/100g. A ingestão diária recomendada (IDR) pela FAO (2001), que é de 45 mg. O decréscimo de vitamina C na amostra do suco fermentado foi esperado devido às condições de temperatura do processo. Além disso, durante a fermentação ocorrem reações químicas e enzimáticas diversas que provocam variações de pH, fator também relacionado com a redução da vitamina C.

Carneiro (2008) em seu estudo relatou concentração de 148,36 mg/100g na polpa de noni. Nandhasri *et al.* (2005) relataram 64,45 mg/100g de vitamina C no suco de noni. Os valores encontrados neste trabalho para polpa “in natura” foram superiores aos valores de vitamina C para morango, que variou de 81,14 mg/100g a 57,14 mg/100g em diferentes cultivares (ROCHA *et al.*, 2008), e para manga, 36 mg/100g (YAMASHITA, 2001).

Para cálculo da acidez titulável, o ácido cítrico foi usado como padrão por convenção, já que ainda não existe na literatura dados sobre o ácido predominante no noni. É interessante perceber que a acidez da polpa liofilizada (0,32 ác. cítrico/100g) é diminuída. Este fato pode ser explicado pela volatilização de ácidos durante o processo de liofilização (Tabela 10). Já no suco fermentado ocorre o inverso, há o aumento da acidez (1,13 ác. cítrico/100g), certamente devido à produção de ácido como metabólito resultante da degradação de compostos carbonados.

A polpa apresentou pH de 3,80, caracterizando-se como ácida, como a maioria das frutas, devido à presença dos ácidos orgânicos. Os valores de pH entre os produtos manteve-se na mesma faixa, com exceção do suco fermentado que apresenta pH menor.

O noni e seus produtos apresentam elevado valor de compostos fenólicos totais, informação relevante já que a ação antioxidante dos polifenóis os permite atuar como agentes redutores, doadores de hidrogênio e eliminadores de espécies reativas de oxigênio. A polpa apresenta 160,84 mg/100g e o suco microfiltrado 180,29 mg/100g. O processo de fermentação promoveu elevação nos níveis de compostos fenólicos totais, possuindo o suco fermentado 192,50 mg/100g, o maior valor entre os produtos. Alguns ácidos resultantes da fermentação, como o benzóico, são

descarboxilados levando a formação de fenóis simples, como o fenol e o eugenol, levando ao aumento de compostos fenólicos em produtos fermentados.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que o noni assim como as frutas em geral, possui glicose e frutose. Nas amostras de polpa liofilizada e suco microfiltrado concentrado pode-se observar um maior valor de carboidratos devido à concentração dos nutrientes decorrente da redução do percentual de água, evento característico dos processos de liofilização e concentração.

TABELA 3. Glicose e frutose da polpa de noni submetida a diferentes tratamentos (Média \pm desvio padrão).

Tratamentos	Glicose (mg/100g)	Frutose (mg/100g)
Polpa "in natura"	1,88 \pm 0,14	2,79 \pm 0,55
Suco microfiltrado	1,37 \pm 0,22	2,38 \pm 0,34
Suco microfiltrado concentrado	32,16 \pm 0,13	31,56 \pm 0,66
Polpa liofilizada	25,96 \pm 0,22	10,20 \pm 0,33
Suco fermentado	1,19 \pm 0,11	1,26 \pm 0,30

A Tabela 4 apresenta parâmetros de cor resultantes das características de cada produto. O valor de L é um parâmetro que indica luminosidade e no suco fermentado (18,39) é compatível com a coloração escura característica que o produto adquire após a fermentação. Os parâmetros a e b indicam cromaticidade, a faixa de cromaticidade vai de 60 a - 60 para os dois parâmetros. O parâmetro a corresponde a faixa de cor que vai do vermelho ao verde e o b, do amarelo ao azul. Todos os valores do parâmetro b foram positivos, desta forma as amostras estão na faixa de cor próxima ao amarelo.

TABELA 4. Parâmetros de cor CIELab para a polpa "in natura" submetida a diferentes tratamentos.

Tratamentos	L	a	b
Polpa "in natura"	11,12 ± 0,04	1,61 ± 0,21	18,47 ± 0,14
Suco microfiltrado	8,03 ± 0,07	2,11 ± 0,36	13,85 ± 0,12
Suco microfiltrado concentrado	8,21 ± 0,03	2,17 ± 0,10	14,16 ± 0,03
Polpa liofilizada	11,32 ± 0,04	1,74 ± 0,04	18,90 ± 0,08
Suco fermentado	18,39 ± 0,21	2,70 ± 0,16	4,26 ± 0,15

O resultado obtido na determinação de proteínas da polpa "in natura" foi de 12,58 mg/g, como mostra a Tabela 5. Valor pouco superior a maioria dos frutos que, segundo TACO (2006) apresentam uma quantidade aproximada de 10 mg/g de proteínas. Pode-se sugerir que a grande redução do teor protéico no suco fermentado deve-se a série de reações degradativas características da fermentação. Em muitas vias metabólicas microrganismos podem usar proteínas como fonte de energia.

TABELA 5. Atividade enzimática específica da polpa de noni "in natura" e suco fermentado.

Enzima	Polpa "In natura"	Suco fermentado
Proteína (mg/g)	12,58 ± 0,00	0,47 ± 0,01
SOD ¹ (UEA/mg de proteína)	146,69 ± 1,15	1,60 ± 15,94
CAT ² (mmol H ₂ O ₂ /min/mg de proteína)	21,52 ± 2,34	626,86 ± 0,0
APX ³ (mmol H ₂ O ₂ /min/mg de proteína)	0,06 ± 0,03	6,79 ± 4,48
PPO ⁴ (UEA/mg de proteína)	0,97 ± 0,02	69,77 ± 5,67
G-POL ⁵ (UEA/mg de proteína)	28,23 ± 0,26	196,01 ± 0,0

¹ SOD - superóxido dismutase;

² CAT - catalase;

³ APX - ascorbato peroxidase;

⁴ G-POL - guaiacol peroxidase;

⁵ PPO - polifenoloxidase.

De acordo com a Tabela 5, pode-se observar o decréscimo no índice de proteína no suco fermentado. Isso se deve provavelmente a utilização das proteínas como fonte de energia pelos microrganismos, durante o processo de fermentação. A polpa de noni apresentou elevada atividade de SOD (146,69 UEA/mg de proteína), G-POL (28,23 mmol H₂O₂ /min/mg de proteína) e CAT (21,52 mmol H₂O₂ /min/mg de proteína), importantes enzimas envolvidas na prevenção e reparação de danos celulares provocados pela ação dos radicais livres. A produção de ácidos característica do metabolismo fermentativo, acarreta em geral alterações na acidez e pH do ambiente. Esse fator pode estar relacionado a grande redução da atividade de superóxido dismutase (SOD) no suco fermentado.

Nas Tabelas 6 e 7 observa-se a caracterização dos sucos microfiltrado e fermentado tratados com resinas adsorventes. Pode-se observar que todas as resinas estão relacionadas com a redução da concentração de vitamina C, acidez, sólidos solúveis e carboidratos. No entanto o tratamento com a resina XAD4 foi o que resultou em menor perda desta vitamina, tanto para o suco clarificado quanto para o suco fermentado. Esse dado é bastante relevante, pois redução nas perdas de nutrientes benéficos durante o processamento de alimentos é um desafio constante. É importante o monitoramento da composição dos produtos após a desodorização para avaliar se os ganhos com a remoção de odores desagradáveis compensam as perdas nutricionais. De acordo com a Tabela 8 observa-se que o tratamento com as resinas também promoveu a redução de glicose e frutose nas amostras. Para glicose a resina que promoveu a maior redução foi a XAD 761 e para frutose a FPA 54 nas amostras microfiltradas e a FPX 66 nas amostras fermentadas.

TABELA 6: Composição dos sucos microfiltrado e fermentado submetidos a tratamento com resinas adsorventes (Média \pm desvio padrão).

	Vitamina C (mg/100g)	Acidez (g ác. citrílico/100g)	pH	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Fenólicos totais (g/100g)
Suco microfiltrado (controle)	183,5 \pm 2,3	0,66 \pm 0,01	3,72 \pm 0,00	8,6 \pm 0,1	176,71 \pm 0,22
XAD 761 ¹	130,6 \pm 0,5	0,49 \pm 0,01	3,72 \pm 0,00	6,7 \pm 0,1	121,08 \pm 1,27
FPA 54 ¹	74,1 \pm 1,6	0,14 \pm 0,02	3,74 \pm 0,01	5,0 \pm 0,0	73,90 \pm 0,49
FPX 66 ¹	116,0 \pm 1,1	0,34 \pm 0,03	3,74 \pm 0,01	5,4 \pm 0,1	91,08 \pm 1,38
XAD 4 ¹	157,7 \pm 1,2	0,41 \pm 0,01	3,79 \pm 0,01	6,3 \pm 0,0	107,08 \pm 2,12
Suco fermentado (controle)	44,9 \pm 0,9	1,09 \pm 0,01	3,35 \pm 0,01	8,4 \pm 0,0	188,07 \pm 0,07
XAD 761 ¹	20,1 \pm 1,0	0,66 \pm 0,01	3,70 \pm 0,04	7,20 \pm 0,0	107,43 \pm 1,29
FPA 54 ¹	19,6 \pm 0,8	0,29 \pm 0,01	4,53 \pm 0,04	6,90 \pm 0,0	116,71 \pm 0,94

FPX 66 ¹	22,3 ± 0,9	0,80 ± 0,01	3,40 ± 0,01	7,00 ± 0,0	89,22 ± 0,56
XAD 4 ¹	31,5 ± 0,8	0,78 ± 0	3,39 ± 0,01	6,80 ± 0,0	100,22 ± 3,19

¹XAD4, ¹XAD761, ¹FPA54 e ¹FPX 66 – resinas adsorventes Amberlite®.

TABELA 7: Carboidratos dos sucos microfiltrado e fermentado submetidos a tratamento com resinas adsorventes (Média ± desvio padrão).

	Glicose (g/100g)	Frutose (g/100g)
Suco microfiltrado (controle)	2,26 ± 0,17	0,94 ± 0,07
XAD 761 ¹	0,09 ± 0,06	1,06 ± 0,12
FPA 54 ¹	1,82 ± 0,25	0,58 ± 0,13
FPX 66 ¹	1,67 ± 0,11	0,68 ± 0,03
XAD 4 ¹	2,11 ± 0,10	0,99 ± 0,08
Suco fermentado (controle)	2,23 ± 0,14	0,82 ± 0,16
XAD 761 ¹	0,62 ± 0,11	0,80 ± 0,17
FPA 54 ¹	0,62 ± 0,05	0,55 ± 0,17
FPX 66 ¹	0,78 ± 0,05	0,16 ± 0,06
XAD 4 ¹	0,70 ± 0,18	0,90 ± 0,01

¹XAD4, ¹XAD761, ¹FPA54 e ¹FPX 66 – resinas adsorventes Amberlite®.

Como observado na Tabela 9, a polpa de noni apresentou 9,60 % de resíduo insolúvel em álcool (AIR), deste 4,75% de pectina (Figura 19a), 1,79% de hemicelulose (Figura 19b) e 0,80 % de celulose. AQUINO (2008) em seu estudo com polpa de bacuri “in natura” encontrou 7,56 % de resíduo insolúvel em álcool (AIR), 3,33 % de pectina, 1,67% de hemicelulose e 2,59% de celulose. As pectinas, hemiceluloses e celuloses estão presentes na célula vegetal como material estrutural, valores maiores destas substâncias são importantes para a conservação dos frutos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Além disso, a pectina é usada como matéria-prima na produção de geléias e doces.

TABELA 8: Pectina total, hemicelulose e celulose da polpa “in natura” (Média ± desvio padrão).

	Polpa “in natura”
AIR ¹ (%)	9,60 ± 0,05
PECTINA (%)	4,75 ± 5,73
HEMICELULOSE (%)	1,79 ± 1,91
CELULOSE (%)	0,80 ± 0,17

¹ AIR – resíduo insolúvel em álcool.

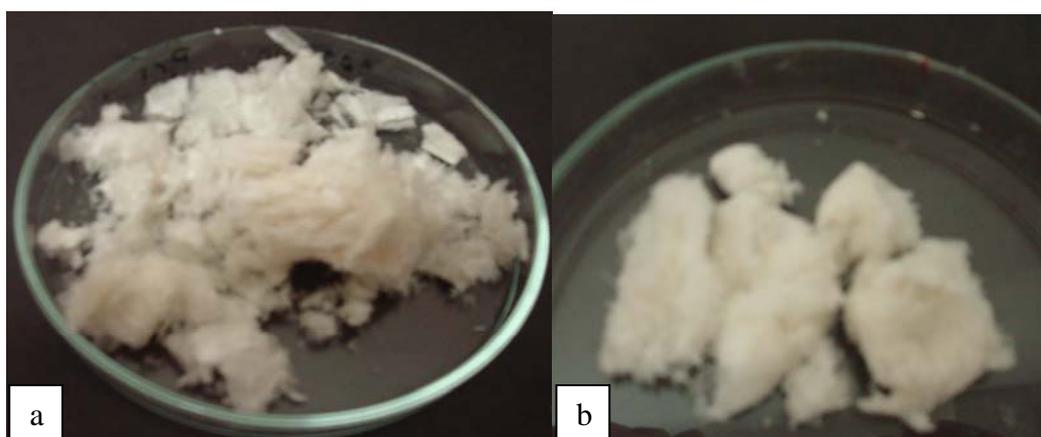


Figura 19: a- Pectina total; b- Hemicelulose obtidos da polpa de noni

A análise de atividade antioxidante total para a polpa “in natura” apresentou em média 2,3 μM Trolox/g de polpa. Valores muito inferiores aos encontrados por Kuskoski *et al.* (2005) em seu estudo com polpas de frutas, como uva (9,2 μM Trolox/g), acerola (67,6 μM Trolox/g), manga (13,2 μM Trolox/g) e maracujá (2,7 μM Trolox/g). Em muitos artigos científicos existem referências a capacidade antioxidante do noni e alguns produtos (LIU, *et al.*, 2007; YANG *et al.*, 2007; ZIN, *et al.* 2006; SU *et al.*, 2005) no entanto esta alta atividade antioxidante não foi observada neste trabalho. Liu *et al.* (2007) em seu estudo determinou capacidade antioxidante no suco fermentado através de extratos de etil-acetato e 1-butanol. O resultado obtido foi muito superior a encontrada neste trabalho. No trabalho de Yang *et al.* (2007), foi determinada a atividade antioxidante de compostos fenólicos contra radicais livres no suco fermentado e suco do fruto maduro. Os autores concluíram que a elevada atividade antioxidante do noni está relacionada aos compostos fenólicos presentes no fruto.

Tabela 9. Compostos voláteis presentes nos diferentes produtos de noni.

Pico	Composto	IR ¹	ÁREA PADRONIZADA (%)					
			Polpa	Liofilizado	Condensado da liofilização	Microfiltrado	Concentrado	Fermentado
1	2-butanona	708	0,20	nd	nd	nd	nd	1,00
2	butanoato de metila	717	0,20	0,10	0,40	0,80	nd	nd
3	3-metil-3-buten-1-ol	725	64,00	16,40	tr	42,30	nd	21,40
4	3-metil-2-buten-1-ol	769	0,40	nd	nd	nd	tr	tr
6	2-metilbutanoato de metila (padrão interno)	859						
5	2-heptanona	893	0,10	0,60	tr	0,10	tr	0,60
7	Pentanoato de etila	904	1,80	0,10	tr	2,00	nd	0,40
8	acetato de 3-metil-2-buten-1-ol	927	6,00	1,20	nd	2,70	nd	0,10
9	hexanoato de etila	1000	0,30	2,60	3,20	5,90	0,10	2,30
11	ácido hexanoico	1037	2,50	0,10	nd	nd	nd	nd

12	Butanoato de 4-pentenila	1074	3,10	nd	nd	nd	nd	nd
13	2-nonanona	1094	tr	nd	nd	nd	nd	nd
14	octanoato de etila	1196	1,70	0,50	1,50	0,10	0,30	tr
15	hexanoato de 4-pentenila	1262	0,20	0,10	nd	nd	nd	nd
25	hexadecanoato de metila	1921	0,10	nd	nd	nd	nd	nd

¹IR – índice de retenção; nd – pico não detectato; tr – pico presente com % < 0,10.

Tabela 10. Compostos voláteis presentes no suco de noni clarificado, fermentado e respectivas amostras tratadas com resinas Amberlite.

Pico	Composto	IR ¹	ÁREA PADRONIZADA (%)									
			Microfiltrado	XAD4	XAD761	FPA54	FPX 66	Fermentado	XAD4	XAD761	FPA54	FPX66
2	2-butanona	708	nd	nd	nd	nd	nd	0,20	nd	tr	nd	nd
3	butanoato de metila	717	0,20	0,10	nd	0,10	0,10	tr	nd	tr	tr	tr
4	3-metil-3-buten-1-ol	725	20,11	nd	18,10	18,50	nd	18,25	nd	17,22	18,10	nd
5	3-metil-2-buten-1-ol	769	0,1	nd	nd	tr	nd	tr	nd	tr	nd	0,10
6	2-metilbutanoato de metila (padrão interno)	859										
7	2-heptanona 15,200	893	0,10	nd	0,10	0,10	nd	0,20	nd	tr	0,10	nd
8	pentanoato de etila	904	1,50	tr	nd	1,00	tr	0,10	tr	0,10	0,10	tr
10	acetato de 3-metil-2-buten-1-ol	927	1,70	0,20	0,50	2,00	nd	tr	nd	nd	tr	tr
11	hexanoato de etila	1000	4,60	nd	2,10	0,20	0,10	2,10	0,30	nd	0,20	0,10

17	octanoato de etila	1196	tr	nd	nd	nd	tr	tr	nd	tr	tr	tr
----	--------------------	------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

¹IR – índice de retenção; nd – pico não detectado; tr – pico presente com % < 0,10.

De acordo com a Tabela 9, quatorze compostos voláteis foram identificados no noni por espectrometria de massas, conjuntamente com os dados cromatográficos de retenção (índices de Kovats). A análise permitiu a identificação de diferentes espécies químicas como álcoois, ésteres, cetonas e ácidos. A classe química predominante de compostos voláteis do noni foi a dos alcoóis (70,4%), compreendendo, 3-metil-3-buten-1-ol, 3-metil-2-buten-1-ol e acetato de 3-metil-2-buten-1-ol. Entre os ésteres com predominância de 7,4% estão butanoato de metila, pentanoato de etila, hexanoato de etila, butanoato de 4-pentenila, octanoato de etila, hexanoato de 4-pentenila, hexadecanoato de metila. O ácido hexanoico, com 2,5% de predominância foi o único ácido identificado. Foram identificadas também duas cetonas (0,3%), 2-heptanona e 2-nonanona. Os cromatogramas das análises de composição volátil estão em anexo.

No estudo de Farine *et al.* (1996), foram identificados 51 compostos voláteis por extração direta com metileno. Diferente do encontrado neste estudo, os ácidos foram os compostos majoritários com 83% de predominância. Além destes foram também identificados alcoóis e ésteres.

Ainda de acordo com a Tabela 9, observa-se que na amostra concentrada praticamente todos os compostos voláteis identificados são perdidos, fator atribuído a elevação da temperatura durante a concentração. Na amostra liofilizada ocorrem perda e redução de muitos compostos, fator atribuído ao vácuo presente no processo de liofilização. Já na microfiltrada é possível observar que alguns compostos se concentram como butanoato de metila e hexanoato de etila, sendo nesta amostra que o composto majoritário 3-metil-3-buten-1-ol sofre menores perdas. Isso pode ser relacionado à natureza do processo de liofilização onde não se aplica altas temperaturas.

Na Tabela 10, de acordo com os resultados apresentado a resina XAD 4 foi a mais eficiente na remoção de compostos voláteis para as amostras tratadas, inclusive com o composto majoritário. No suco microfiltrado as demais resinas removeram apenas parte do 3-metil-3-buten-1-ol. Já no fermentado além da XAD 4 a FPX 66 também removeu o composto.

6. CONCLUSÕES

- Os processos tecnológicos adotados para obtenção dos produtos, polpa “*in natura*”, polpa liofilizada, suco fermentado, suco microfiltrado e suco microfiltrado concentrado, foram satisfatórios;
- Ononi e os produtos constituem, em geral, boas fontes de vitamina C e compostos fenólicos;
- Em geral, o processamento ocasiona redução da concentração dos componentes químicos do noni, em especial a vitamina C. A liofilização foi o processo que melhor manteve a concentração de vitamina C, enfatizando que a fermentação elevou a concentração de compostos fenólicos. A resina adsorvente XAD 4 foi a que reteve menores teores de vitamina C e compostos fenólicos nas amostras tratadas;
- Quatorze compostos voláteis foram identificados no noni, entre as espécies químicas identificadas estão alcoóis (70,4%), ésteres (7,4%), ácidos (2,5%) e cetonas (0,3%), sendo 3-metil-3-buten-1-ol o composto majoritário. Todos os produtos apresentaram perdas no perfil volátil em relação a polpa “*in natura*”. O tratamento com as resinas adsorventes foi eficiente na remoção de compostos voláteis. A resina que obteve o melhor desempenho foi a XAD 4.
- Os resultados das análises de atividade enzimática demonstraram que a polpa “*in natura*” possui elevada atividade de superóxido dismutase (SOD), guaiacol peroxidase (G-POL) e catalase (CAT).

7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANDRADE, R. S. G. de. *et al.* Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**. v.27, 2002.

ANTONIO, P. Adsorção de di-2-piridil cetona saliciloidhidrazona em sílica-gel. São Paulo. **Dissertação de Mestrado**, IQ-USP, p. 5-51, 2003.

ANTONIO P. et al. Cínetic modeling of adsorption of di-2-pyridylketone salicyloylhydrazone on sílica gel. **Journal of Colloid and Interface Science**. V. 307, p. 24-28, 2007.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Informe Técnico nº. 25, de 29 de maio de 2007, atualizado em 18 de junho de 2008. Esclarecimentos sobre as avaliações de segurança realizadas de produtos contendo *Morinda Citrifolia*, também conhecida como Noni. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/25_290507.htm. Acesso em: 15 de outubro de 2008.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12.ed. Whashington, DC, 1975. 1094p.

AOAC. Association Of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11. ed. Washington, 1992. 1115 p.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16 ed. Washington, D. C. 1995. 1141p.

AQUINO, A. C. de. Eficiência da maceração enzimática da polpa de bacuri (*Platonia insignis* Mart.). **Dissertação de Mestrado**. DETAL – UFC, p. 1-115, 2008.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos, teoria e prática**. 3 ed., Viçosa: UFV, 2004, 478p.

BARTHELSON, R. A., *et al.* Development of a comprehensive detection method for medicinal and toxic plant species. **American Journal of Botany**, v. 93, n.4, p. 566-574, 2006.

BEERS JR, R.F., SIZER, I.W., 1952. A spectrofotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **Journal Biology Chemistry** p. 133-140, 1952.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1992, 223p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. Vitaminas. In: _____. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1995, p. 163-169.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. v. 722, p. 248-254, 1976.

BUI, A. K. T.; BAUC, A.; PETTOLINO, F. Polysaccharide composition of noni fruit juice of *Morinda citrifolia*. **Phytochemistry**, v. 67, p. 1271-1275, 2006.

BURNS, J. *et al.* Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **Journal Agriculture. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 5797-5808, 2001.

CAMPANA *et al.* [Topical superoxide dismutase reduces post-irradiation breast cancer fibrosis](#). **Journal of Cellular Molecular Medicine**. v.8, n. 1. p. 109–116, 2004.

CARNEIRO, M. G. C. Determinação da composição centesimal e teores de carotenóides, antocianinas e flavonóides do fruto de noni (*Morinda citrifolia* L.) em plantas cultivadas em Fortaleza – CE. 2008, 63p. Monografia (Graduação em Nutrição) Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2008.

CARVALHO, L. M. J.; CASTRO, I. M.; SILVA, C. A. B. A study of retention of sugars in the process of clarification of pineapple juice (*Ananas comosus*, L. merrill) by micro- and ultra-filtration. **Journal of food engineering**, v. 87, p. 447-454, 2008.

CHAN-BLANCO, Y. *et al.* The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of food composition and analysis**, v. 19, p. 645-654, 2006.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005, 783 p.

CHUNHIENG, M. T. **Développement de nouveaux aliments santé tropicale: application à la noix du Brésil *Bertholettia excelsa* et au frit de Cambodge *Morinda citrifolia***. 2003. Thesis (PhD) - INPL, France.

COMBS JR., G.F. Vitaminas, p.65-105. In: MAHAN, K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10 ed. São Paulo: Roca, 2002, 1157p.

DIXON, A. R.; MACMILLEN, H.; ETKIN, N. L. Ferment this: the transformation of Noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae). **Ecological Botany**, v. 53, p. 51-68, 1999.

FAO/OMS. Human Vitamin and Mineral Requirements. In: Report 7^a Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 286p., 2001.

FARINE, J. P. *et al.* Volatile componentes of ripe fruits of *Morinda citrifolia* and their effects on drosophila. **Phytochemistry**, v.41, n.2, p.433-438, 1996.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e praticas**. 2ed. Porto Alegre: Artmed. 2006. 602p.

FIELDES, M. A.; GERHARDT, K.E. Flax guaiacol peroxidases can be used to illustrate the possibility of misinterpreting the effects of stress on the activity of developmentally regulated enzymes. **Plant Science**, v.132, p. 89-99, 1998.

FRANCO, G. **Nutrição: texto básico e tabela de composição química dos alimentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ateneu, 1982. 277 p.

FRANCO G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999, 307p.

FRANCO, M.R.B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatile on Poropak Q by suction. **Journal Science Food Agriculture**. v.34, n.3, p.293-299, 1983.

FRANCO, M.R.B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa de sabor. In: FRANCO, M.R.B., **Aroma e sabor de alimentos, temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003, p. 27-17.

GERMOSÉN-ROBINEAU, L. **Hacia unafarfacopeacaribeña**. Edición Tramil 7. Santo Domingo. 696p, 1995.

GERUDE, M. **O que você deve saber sobre dietas, vitamina, sais minerais e medicina ortomolecular**. São Paulo: Ateneu, 1995. 106 p.

GIANNOPOLITIS, C.N., RIEIS, S.K., 1977. Superoxides Dismutases. I. Occurrences in higher plants. **Plant Physiology**, v.59, p.309-314, 1977.

HELDMAN, D. R., HATEL, R. **Principles of food processing**. New York: Na Aspen Publication, 1997. 285p.

HIRAZUMI, A.; FURUSAWA, E. An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni) with antitumour activity. **Phytotherapy Research**, v. 13, n. 5, p. 380-387, 1999.

HUBBARD, K. L. et al. Reviem: Polymers with pendant vinyl groups, including poly(divinylbenzene-co-ethylvinylbenzene). **Reactive and Funtional Polymers**. V.36, p. 1-16, 1998.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ed. São Paulo, v.1, 1985, 533 p.

YAMASHITA, F., *et al.* Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Frucultura**. v. 23, n. 2, p. 288-292, 2001.

YANG, J. *et al.* Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. **Food chemistry**, v. 102, p. 302-308, 2007.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Osaka: Konica minolta sensing, 58p., 1998.

KUSKOSKI, E.M. *et al.* Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out.-dez. 2005.

LEHNINGER, A L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 839p., 1995.

LIU, C. Extraction and characterization of antioxidant compositions from fermented fruit of *Morinda citrifolia* (Noni). **Agricultural Sciences in China**, v.6, n.12, p. 1494-1501, 2007.

MAHAN L. K.; ESCOTT-STUMP S. KRAUSE. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002, p. 698-717.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: Edições UFC, 2007, 320p.

MALLICK, N.; MOHN, F.H. Reactive oxygen species: response of algal cells. **Journal of Plant Physiology**, v.157, p.183-193, 2000.

MARQUARDT, M., LIMA, V. L. E. A síntese orgânica em fase sólida e seus suportes poliméricos mais empregados. **Química Nova**. v.24, n.6, p. 846-855, 2001.

MARTINS, E. R. *et al.* **Plantas medicinais**. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 1994. 220p.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isoenzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, v. 13. p. 1091-1101, 1972.

MELO, E.A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. Bol. **SBCTA**. Campinas: v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MORTON, J. F. The ocean-going noni, or Indian mulberry (*Morinda citrifolia* Rubiaceae) and some of it's colorful relatives. **Econ Bot**, v 46, p. 241-256.

MULLER, J. C. **Toxicidade reprodutiva da *Morinda citrifolia* Linn.** 2007. 103p. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade de Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NANDHASRI, P.; *et al* Nutraceutical proprieties of Thai “Yor”, *Morinda citrifolia* and “Noni” juice extract. **Journal Science Technology**, v.27,suppl.2, p.579-586, 2005.

NAKANO, Y., ASADA, K.,. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v.22, p. 867-880, 1981.

NEILL, S.J., *et al*. Hydrogen peroxide na nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Exprimental Botany**. Oxford, v.53, p. 1237-1247, 2002.

NELSON, S.C. **Species profiles for Pacific Island Agroforestry**. April, ver.4, p. 1-19, 2006. Disponível em: <http://www.agroforestry.net/tti/Morinda-noni.pdf>. Acesso em: 12 de janeiro de 2008.

OTELO, C. **Mudas de Noni**. Disponível em: <http://inforum.inside.com.br/13374/>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2006.

PEREDA, J. A. O., *et al*. **Tecnologia de Alimentos - Componentes dos Alimentos e Processos**, v. 1. Rio Grande do Sul: Artmed, 2005.

PERSON, D.; COX, H.E. **The chemical analyse of food**. New York, Chemical Publ., 1976.

RAM, J. Noni processing and quality control: protecting the image of Hawaiian products. **Proceedings of the 2002 Hawai'i Noni Conference**. University of Hawaii at Manoa: College of Tropical Agriculture and Human Resources, p. 25-28, 2003.

RANGANNA, M. **Manual of analyses of fruit and vegetable products**. New Delhi, McGraw-Hill, 1997, p. 643.

ROCHA, D. A. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 30, n. 4, p. 1124-1128, 2008.

ROHM AND HASS COMPANY. **Product Information**. Disponível em: www.rohmhassa.com. Acesso em 28/11/2008.

RUFINO, M. S. M.; *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007 (Comunicado Técnico).

SANTOS, P. R. V.; OLIVEIRA, A. C. X., TOMASSINI, T. C. B. Controle microbológico de produtos fitoterápicos. **Rev. Farm. Bioq. Univ. São Paulo**, v.31, p.35-38, 1995.

SCHIEBER, A.; FÜGEL, R.; HENKE, M.; CARLE, R. Determination of the fruit content of strawberry fruit preparations by gravimetric quantification of hemicellulose. **Food Chemistry**, v.91, p.365-371, 2005.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia/Embrapa Solos/Embrapa Informática para Agricultura, Brasília, 1999, 370p.

SILVEIRA, M. R. S. da. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de puçazeiro 'coroa de frade' (Mouriri elliptica Mart.) da vegetação litorânea do Ceará**. 2008. 116p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

SINGLETON, V. L., ROSSI, J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16, 144–158, 1965.

SLUIS, A.A., *et al.* Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 3606-3613, 2001.

SU, B., *et al.* Chemical constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) and their antioxidant activity. **Journal of Natural Products**, v. 68, n. 4, p. 592-595, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. (3^{ed}). Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TEKCHANDANI, S., GURUPRASAD, K. N. Modulation of a guaiacol peroxidase inhibitor by UV-B in cucumber cotyledones. **Plant Science**, v. 135, p. 131-137, 1998.

VENTURA, M. *et al.* Non-destructive determination of soluble solids in apple fruit by near infrared spectroscopy (NIRS). **Postharvest Biology and Technology**, New York, v. 14, n. 1, p. 21-27, 1998.

WANG, M. Y.; SU, C. Cancer Preventive Effect of *Morinda citrifolia* (Noni). **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 952, p. 161 – 168, 2001.

WANG, M. Y. *et al.* *Morinda citrifolia* (Noni): a literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacologica Sinica**, v.23, p. 1127-1141, 2002.

WEST, B. J.; JENSEN, C. J.; WESTENDORF J. A safety review of noni fruit juice. **Journal of food science**. n. 8, v. 71, p. 100-106, 2006.

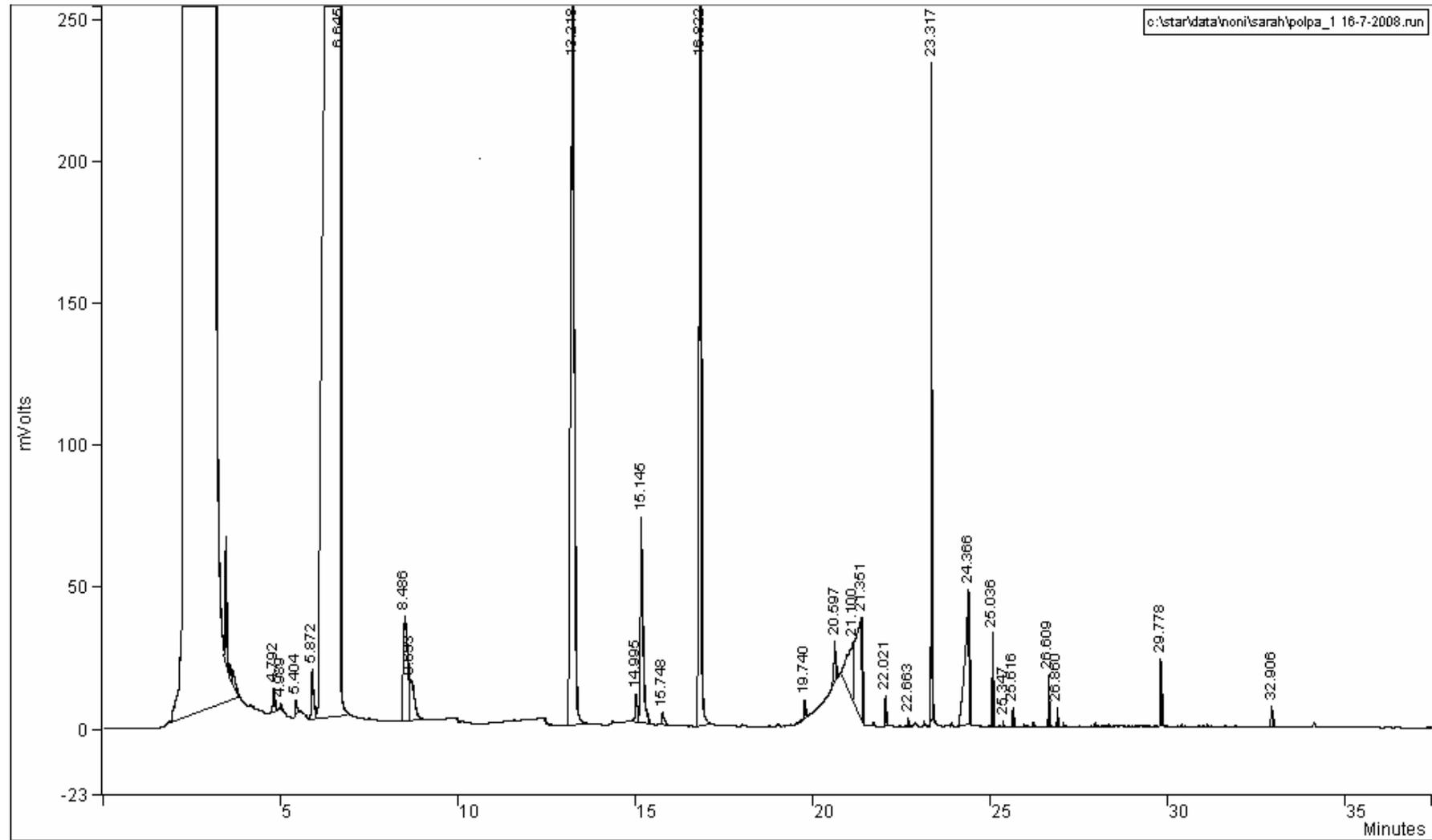
YANG *et al.* Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. **Food Chemistry**, v.102, p.302-308, 2007.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, p. 5165-5170, 2001.

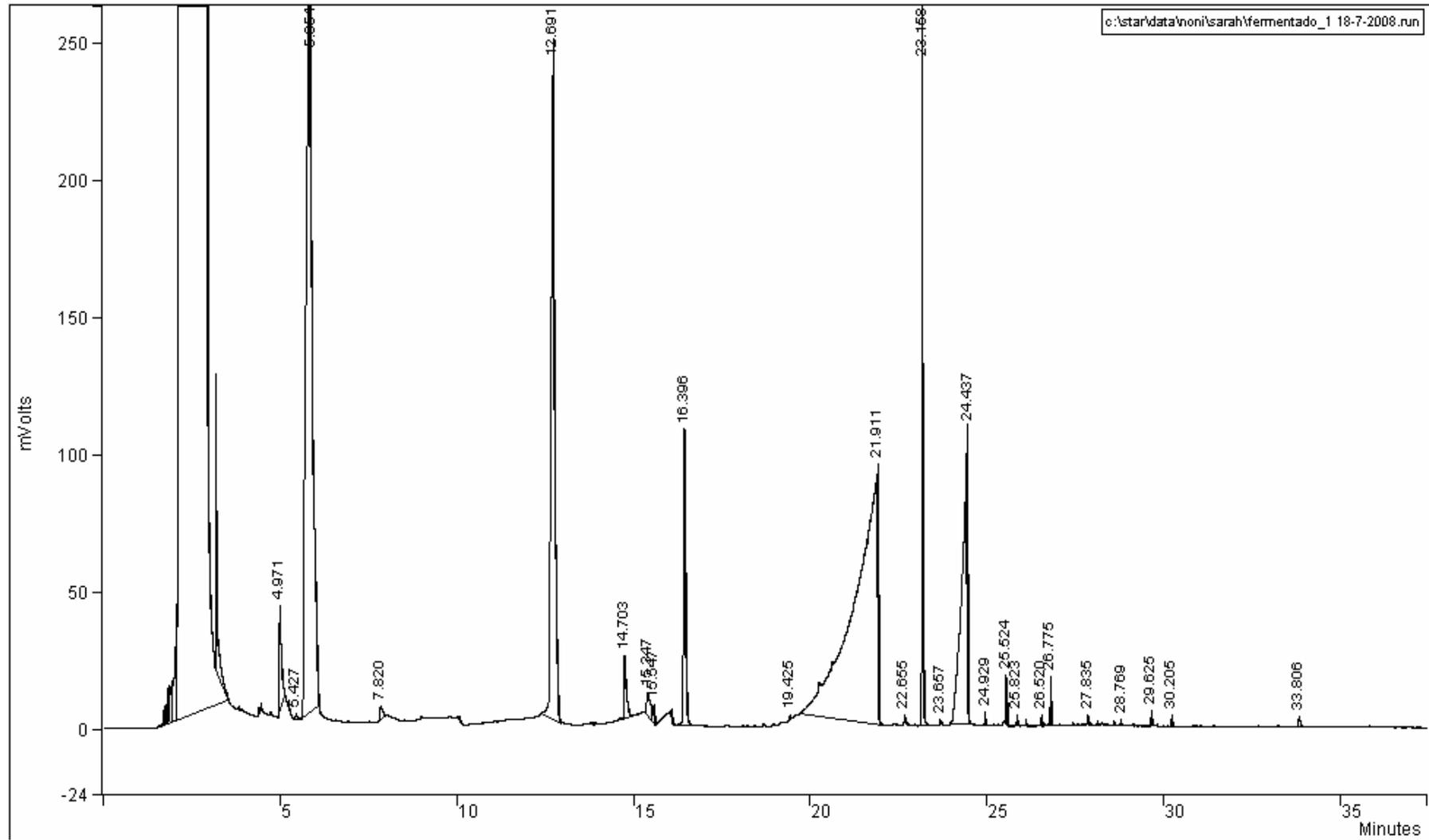
ZIN, *et al.* Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). **Food Chemistry**, v.94, p.169-178, 2006.

ANEXOS

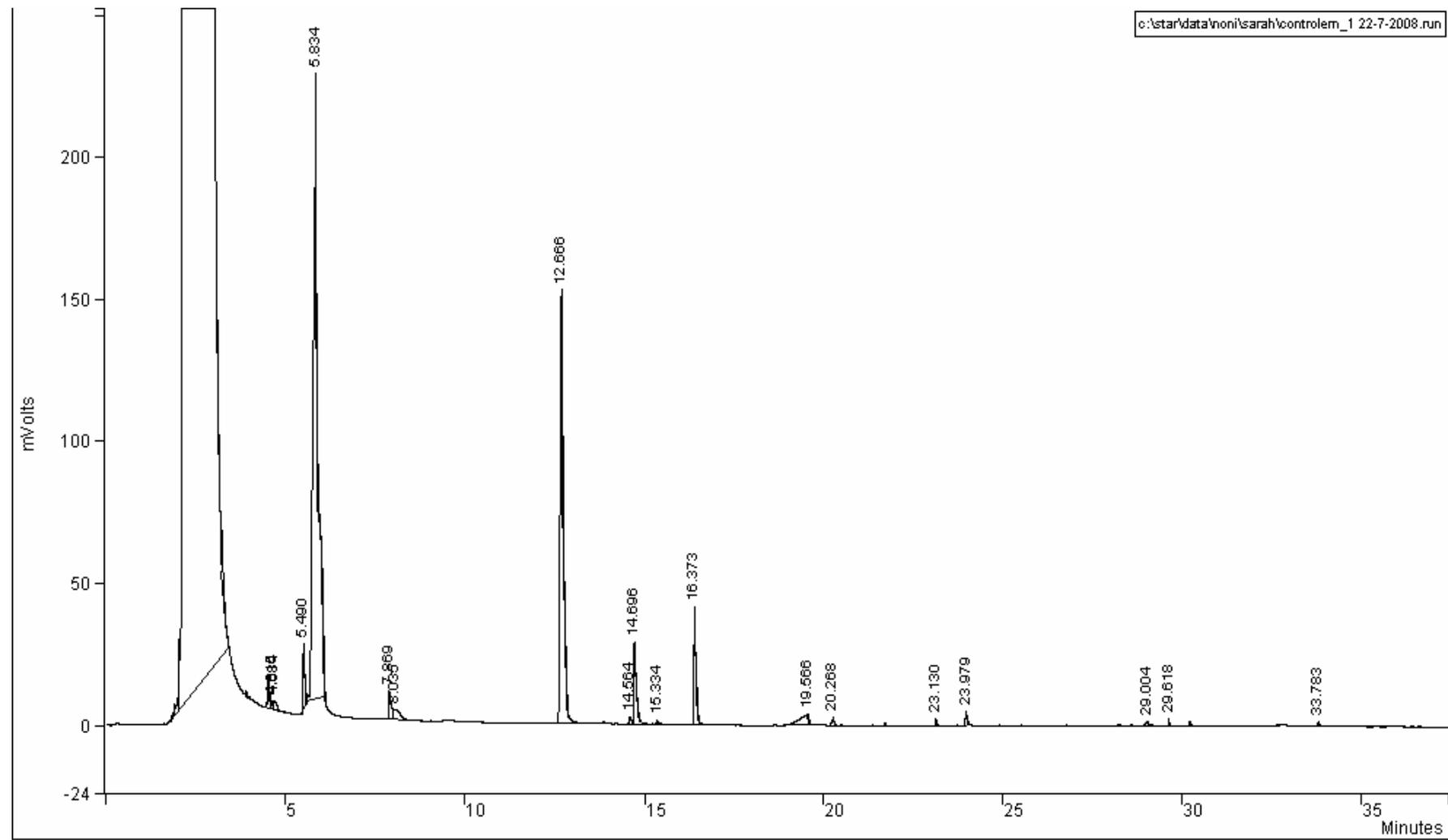
Cromatograma 1: Polpa "in natura"



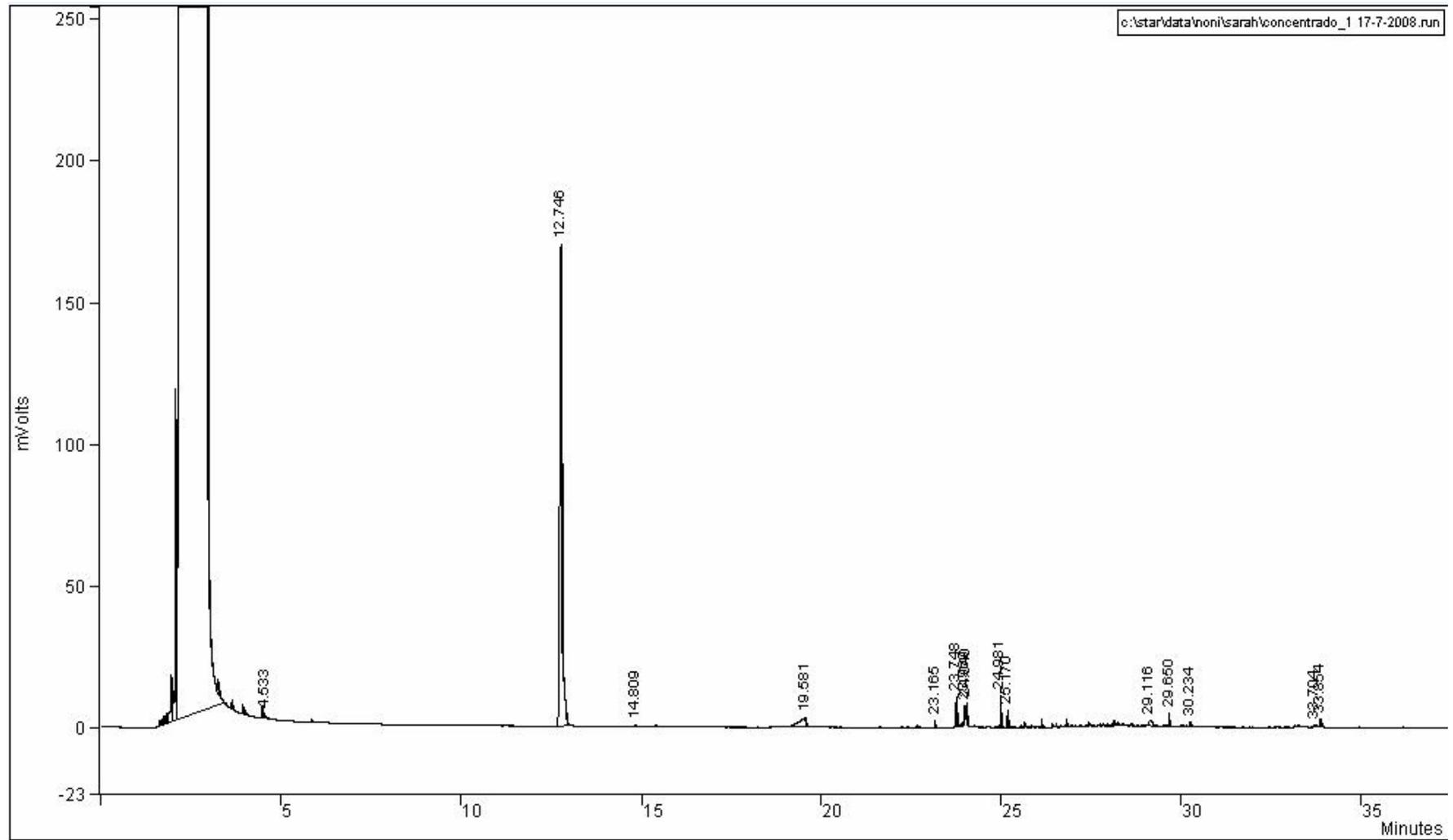
Cromatograma 2: Suco fermentado



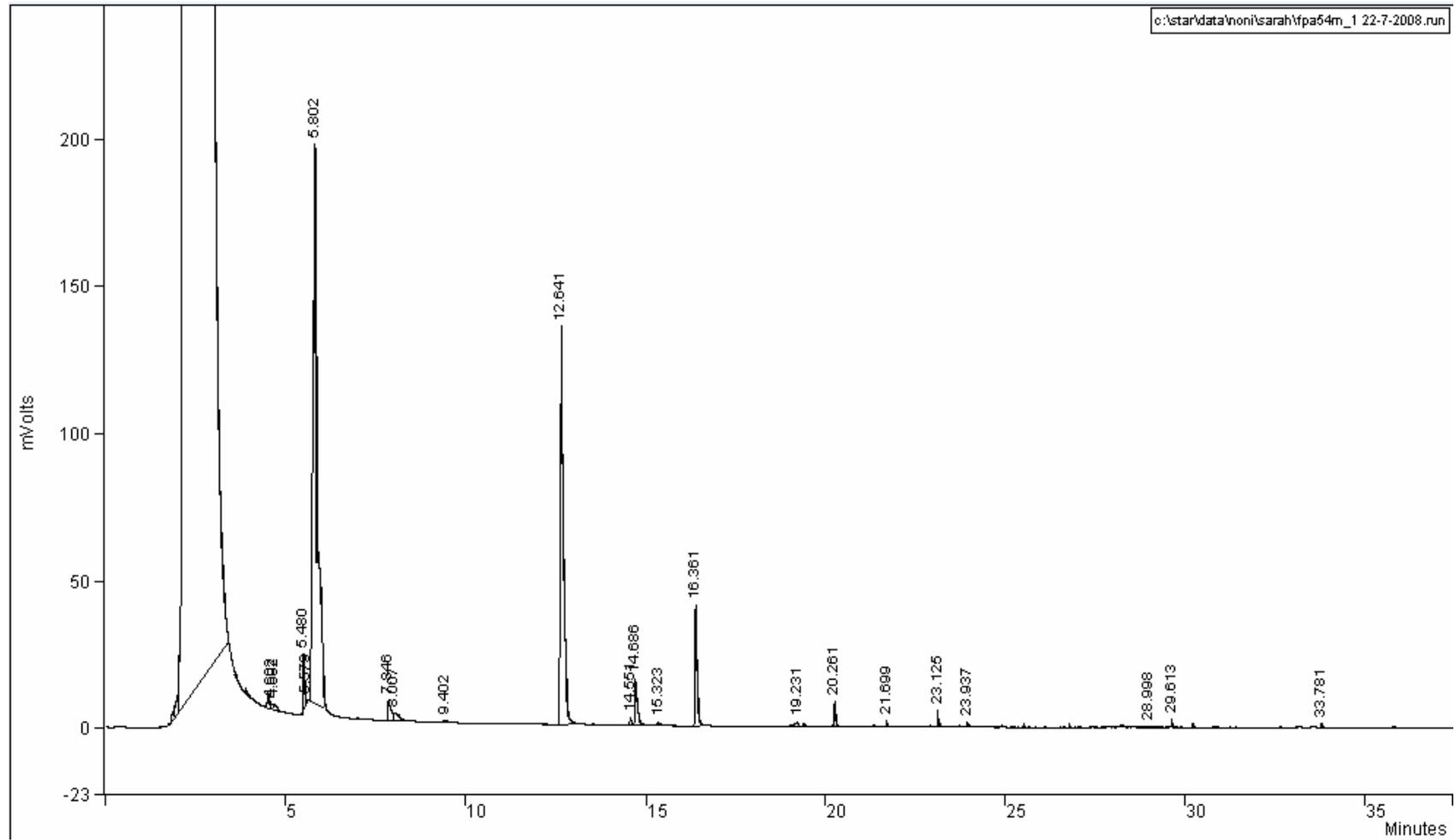
Cromatograma 3: Suco microfiltrado



Cromatograma 4: Suco microfiltrado concentrado

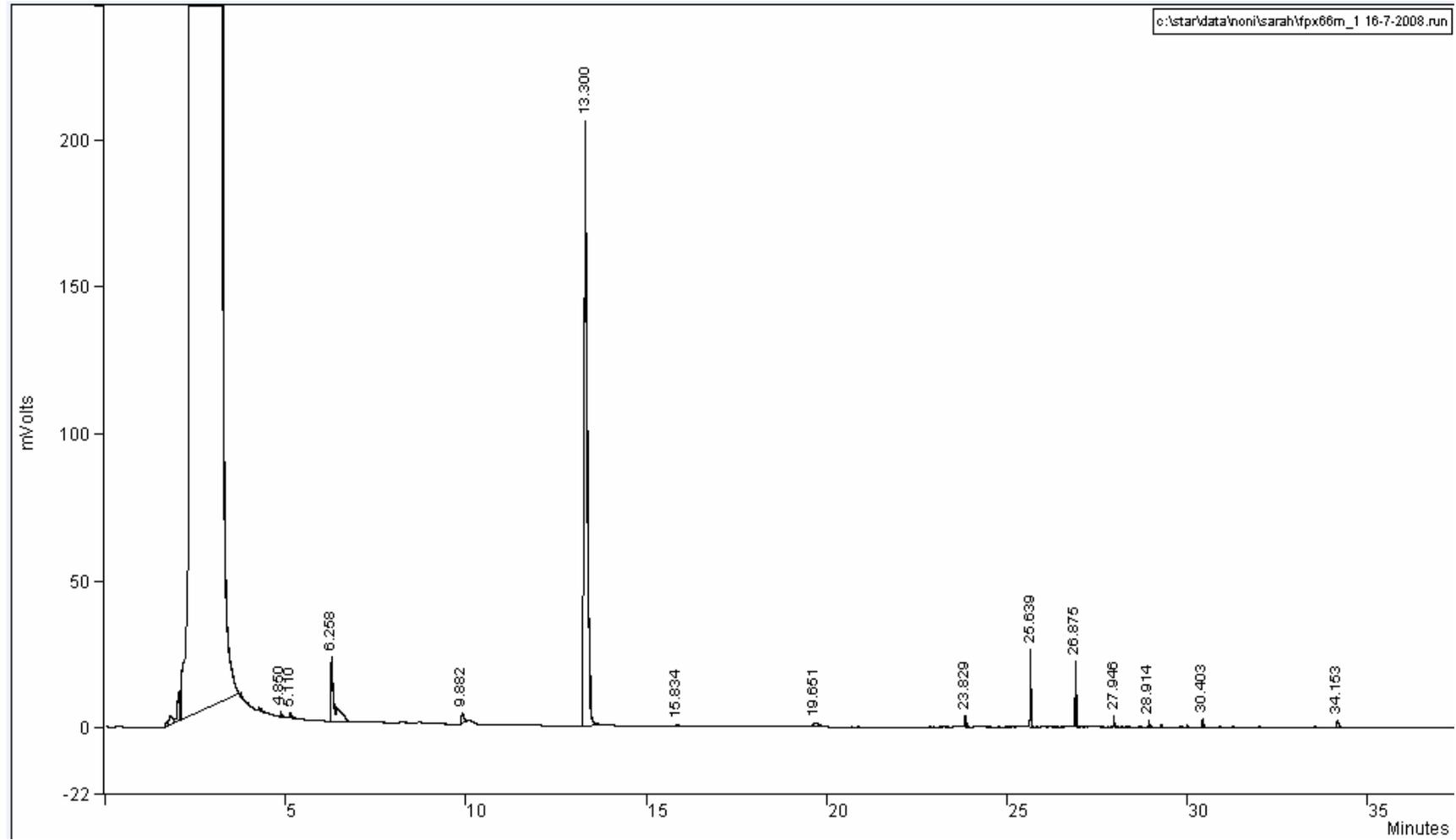


Cromatograma 5: Suco microfiltrado desodorizado com a resina FPA 54

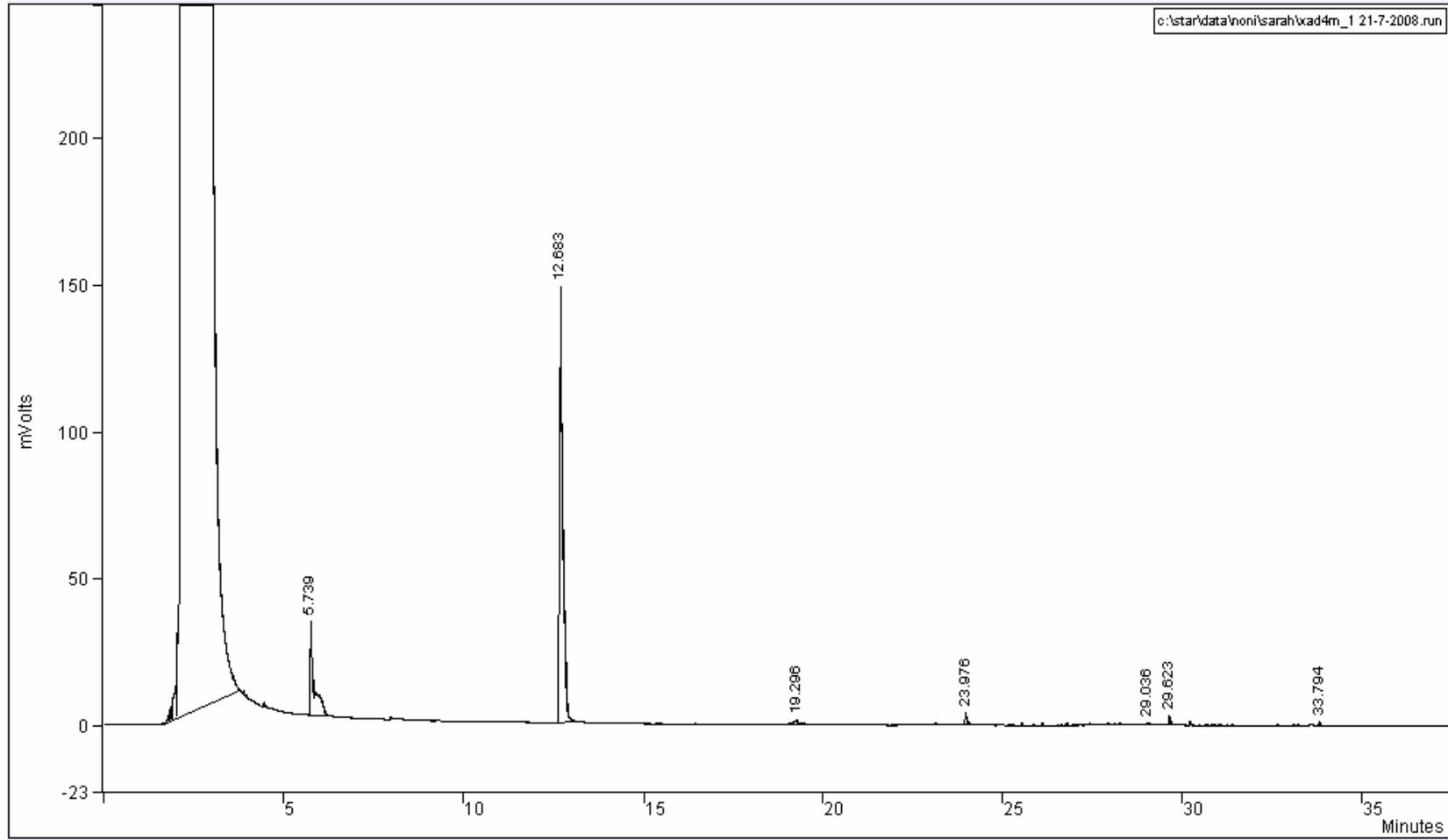


c:\star\data\noni\sarah\yfa54m_1 22-7-2008.run

Cromatograma 6: Suco microfiltrado desodorizado com a resina FPX 66



Cromatograma 7: Suco microfiltrado desodorizado com a resina XAD 4



Cromatograma 8: Suco microfiltrado desodorizado com a resina XAD 761

