

FLÁVIA MENDES DE FARIA

**PERFIL E TEORES DE AMINAS BIOATIVAS EM
FRUTAS BRASILEIRAS**

Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte, MG
2011

FLÁVIA MENDES DE FARIA

**PERFIL E TEORES DE AMINAS BIOATIVAS EM
FRUTAS BRASILEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Beatriz Abreu Glória.

Faculdade de Farmácia da UFMG
Belo Horizonte
2011

DEDICATÓRIA

Agradeço aos meus pais Flávio e Maria José, pela grande oportunidade de poder estudar, pela força, coragem que me deram nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Louvo e bendigo a Deus por esta oportunidade, pela intercessão de todos os santos e pela Mãe Maria Santíssima.

Aos amigos da Comunidade Católica Shalom, pelos momentos vividos e orações.

À Professora Dra. Maria Beatriz Abreu Glória, por ter me acolhido neste mestrado.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, pela contribuição em minha formação científica.

A toda minha família que sofreu junto comigo nos momentos difíceis e pelas orações de cada um.

Aos colegas do Laboratório de Bioquímica de Alimentos, Bruno DalaPaula, Cecília Muller, Juliana, Larissa Bomtempo, Patrícia Barros, Patrícia Tette, Pedro Prates, Regina Adão, Warley Pinheiro, Rumennigge.

Ao Warley Pinheiro pelas análises de aminas.

Às funcionárias da Secretaria de Bioquímica de Alimentos, Úrsula e Marilene.

À Capes, pelo apoio financeiro.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS -PPGCA

FLÁVIA MENDES DE FARIA

“PERFIL E TEORES DE AMINAS BIOATIVAS EM FRUTAS BRASILEIRAS”

APROVADA EM 09 DE JUNHO DE 2011

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. PAULA SANTIAGO SILVA

Prof. Dr. DAVID LEE NELSON

Profa. Dra. MARIA BEATRIZ ABREU GLÓRIA
Orientadora

***Novo dia surgiu, e o povo que andava nas
trevas viu, uma imensa luz teu clarão tua
glória, a resplandecer.
Louvado Seja o Senhor pelo impossível em
minha vida.***

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	1
LISTA DE FIGURAS.....	2
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
REVISÃO DE LITERATURA.....	8
1 FRUTAS.....	8
1.1 O MERCADO DE FRUTAS.....	8
1.2 BENEFÍCIOS DAS FRUTAS PARA A SAÚDE.....	11
2 AMINAS BIOATIVAS.....	12
2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO.....	12
2.2 POLIAMINAS.....	13
2.2.1 DEFINIÇÃO.....	13
2.2.2 IMPORTÂNCIA NA SAÚDE E NA DOENÇA.....	13
2.2.3 SÍNTESE E METABOLISMO DAS POLIAMINAS.....	15
2.3 AMINAS BIOGÊNICAS.....	16
2.3.1 DEFINIÇÃO E FUNÇÕES.....	16
2.3.2 SÍNTESE E METABOLISMO DAS AMINAS BIOGÊNICAS.....	18
2.4 ASPECTOS TÓXICOS DAS AMINAS BIOATIVAS.....	19
2.5 AMINAS BIOATIVAS EM FRUTAS.....	22
2.5.1 OCORRÊNCIA.....	22
2.5.2 FUNÇÕES.....	22
2.5.3 FATORES QUE INFLUENCIAM OS TEORES DE AMINAS EM FRUTAS....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
1 MATERIAL.....	26
1.1 AMOSTRAS.....	27
1.2 PADRÕES DE AMINAS BIOATIVAS E REAGENTES.....	27
2 MÉTODOS.....	27
2.1 DETERMINAÇÃO DAS AMINAS BIOATIVAS.....	28
2.2 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS AMINAS BIOATIVAS.....	28
2.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	29
2.4 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	29
2.5 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL.....	29
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
1 AMINAS BIOATIVAS ENCONTRADAS NAS FRUTAS.....	31
2 PERFIL DE AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS.....	32
3 TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS.....	36
3.1 TEORES DE ESPERMIDINA NAS DIFERENTES FRUTAS.....	37
3.2 TEORES DE ESPERMINA NAS DIFERENTES FRUTAS.....	39
3.3 TEORES DE PUTRESCINA NAS DIFERENTES FRUTAS.....	41
3.4 TEORES DE TIRAMINA NAS DIFERENTES FRUTAS.....	43

3.5	TEORES DE CADAVERINA NAS DIFERENTES FRUTAS.....	44
4	CARACTERÍSTICAS DE CADA FRUTAS COM RELAÇÃO AO PERFIL E TEORES DE AMINAS BIOATIVAS.....	45
4.1	Cajá-manga e umbu: frutas da família Anacardiaceae.....	49
5	Aminas em Frutas e Saúde.....	50
6	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS.....	51
6.1	pH.....	52
6.2	SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	52
6.3	ACIDEZ TOTAL.....	53
7	CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS ANALISADAS.....	54
	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

LISTA DE TABELAS

1	Área total produtora das principais frutas no Brasil, de acordo com o clima..	10
2	Efeitos tóxicos das aminos bioativas.....	21
3	Teor e perfil de aminos bioativas em algumas frutas.....	23
4	Caracterização das frutas selecionadas para análise.....	26
5	Tipos de aminos encontradas por tipo de fruta analisada.....	33
6	Teores de aminos encontrados nas frutas analisadas.....	37
7	Valores mínimo, máximo, mediana e intervalo interquartil dos parâmetros físico-químicos pH, teores de sólidos solúveis e acidez total das frutas analisadas.....	51
8	Correlações significativas entre características físico-químicas e aminos bioativas nas frutas analisadas.....	55

LISTA DE FIGURAS

1	Exportações brasileiras de frutas frescas em 2006.....	9
2	Estrutura química de algumas aminas bioativas.....	14
3	Vias biossintéticas para poliaminas.....	17
4	Vias metabólicas para a síntese de aminas biogênicas.....	19
5	Via de biossíntese comum entre o etileno e as poliaminas.....	24
6	Etapas para determinação das aminas bioativas nas frutas.....	28
7	Frequência de ocorrência de aminas bioativas em todas as frutas analisadas	31
8	Percentual de ocorrência de aminas bioativas nas frutas.....	34
9	Teores totais medianos das aminas bioativas nas frutas analisadas.....	38
10	Teores medianos da espermidina nas frutas.....	38
11	Box-plot dos teores de espermidina nas frutas analisadas.....	39
12	Teores medianos de espermina nas diferentes frutas analisadas.....	40
13	Box-plot dos teores de espermina nas frutas analisadas.....	41
14	Teores medianos de putrescina nas diferentes frutas analisadas.....	42
15	Box-plot dos teores de putrescina nas frutas analisadas.....	42
16	Teores medianos de tiramina nas diferentes frutas analisadas.....	43
17	Box-plot dos teores de tiramina nas frutas analisadas.....	44
18	Teores medianos de cadaverina nas diferentes frutas analisadas.....	45
19	Box-plot dos teores de cadaverina nas frutas analisadas.....	45
20	Teores de aminas nas frutas.....	47
21	Percentual de ocorrência de aminas bioativas em cajá-manga e umbu.....	48
22	Teores de aminas bioativas em cajá-manga e umbu.....	49
23	pH de algumas frutas comercializadas em BH, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$)	52
24	Sólidos solúveis de algumas frutas comercializadas em BH, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$)	53
25	Acidez total de algumas frutas comercializadas em BH, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$)	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGM	-	Agmatina
CAD	-	Cadaverina
CLAE	-	Cromatografia Líquida de alta eficiência
DC	-	Doença Cardiovascular
DCNT	-	Doenças Crônicas não Transmissíveis
DOPA	-	3,4-Dihidroxi-fenilalanina
EPD	-	Espermidina
EPM	-	Espermina
FAO	-	Food and Agriculture Organization
FEM	-	Feniletilamina
HIM	-	Histamina
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMAO	-	Inibidor de monoaminoxidase
OMS	-	Organização Mundial da Saúde
ON	-	Óxido nítrico
PIF	-	Produção Integrada de Frutas
PUT	-	Putrescina
SAM	-	S-adenosilmetionina
SRT	-	Serotonina
TCA	-	Ácido tricloroacético
TIM	-	Tiramina

RESUMO

Os tipos e teores de dez aminas bioativas e algumas características físico-químicas foram determinados em dez frutas brasileiras, dentre elas, abacate, açaí, cajá-manga, caqui, carambola, graviola, jenipapo, pequi, pêra e umbu. As frutas foram adquiridas no mercado consumidor de Belo Horizonte, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011, com exceção do açaí que foi fornecido pela Universidade do Pará. Estas apresentaram pH, teores de sólidos solúveis e acidez total característicos das espécies. Dentre as 10 aminas pesquisadas, foram encontradas cinco - espermidina, espermina, putrescina, tiramina e cadaverina. A graviola foi a fruta que apresentou a maior diversidade de aminas (cinco aminas), abacate e pequi tiveram quatro das aminas, açaí, caqui carambola e umbu tinham três e o restante apenas duas aminas. A espermidina foi detectada em todas as amostras, seguida de putrescina (81%), espermina (38%), tiramina (23%) e cadaverina (16%). Os teores totais medianos variaram de 0,47 mg/100 g no caqui a 1,37 mg/100 g no abacate. Com relação aos teores de poliaminas, o abacate e o cajá-manga se destacaram (0,95 e 0,69 mg/100 g, respectivamente). O açaí foi a fruta com maior teor de espermina (0,39 mg/100 g). Estas três teriam o maior potencial antioxidante dentre as frutas analisadas. Tiramina estava presente em 100% das amostras de graviola e umbu. Estas frutas devem ser evitadas por indivíduos em tratamento com medicamento inibidor de monoaminoxidase. Houve correlação significativa entre os parâmetros físico-químicos e as aminas pesquisadas.

Palavras chave: poliaminas, aminas biogênicas, frutas brasileiras, características físico-químicas.

ABSTRACT

The types and levels of ten bioactive amines and some physico-chemical characteristics were determined in ten Brazilian fruits, among them, avocado, açai, cajá-manga, caqui, carambola, graviola, jenipapo, pequi, pear and umbu. The fruits were from the market of Belo Horizonte, state of Minas Gerais, Brazil, from March of 2010 until January of 2011; except for açai which was provided by Universidade do Pará, Belém, PA. The fruits had pH, soluble solids and total titratable acidity characteristics of the species. Among the ten amines investigated, five were detected - spermidine, spermine, putrescine, tyramine and cadaverine. Graviola was the fruit with the larger diversity of amines (all Five), avocado and pequi had four amines, açai, caqui, carambola and umbu had three and the remaining fruits had two (spermidine and putrescine). Spermidine was detected in every sample analyzed, followed by putrescine (81%), spermine (38%), tyramine (23%) and cadaverine (16%). The median levels of total amines varied from 0.47 mg/100 g in caqui to 1.37 mg/100 g in avocado. With regards to the polyamines, avocado and cajá-manga were the best sources (0.95 and 0.69 mg/100 g, respectively). Açai was the fruit with higher spermine levels (0.39 mg/100 g). These three fruits are the ones with higher antioxidant potential. Tyramine was present in 100% of the graviola and umbu samples. These fruits should be avoided by individuals under mono aminoxidase inhibitor drugs. There was significant correlation between the physico-chemical characteristics and the amines investigated.

Key words: polyamines, biogenic amines, Brazilian fruits, physico-chemical characteristics.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, tendo produzido 41,2 milhões de toneladas (6% da produção mundial), atrás da China com 167 milhões de toneladas e da Índia com 57,9 milhões de toneladas (BRASIL, 2009).

O consumo de frutas tem sido associado à diminuição do risco de mortalidade, e redução da ocorrência de doenças crônicas, tais como as doenças cardiovasculares e alguns tipos de tumores (COSTA & ROSA, 2006). A Organização Mundial da Saúde (OMS) indicou que o consumo insuficiente de frutas está entre os 10 fatores de risco mais importantes para doenças no mundo (WHO, 2002).

As frutas contém diversos nutrientes entre eles minerais, fibras, vitaminas, compostos antioxidantes, como vitaminas C, E e A, carotenóides (β -caroteno, licopeno), taninos (quercetina), polifenóis (COSTA & ROSA, 2006), inclusive aminas bioativas. Estas últimas são compostos orgânicos nitrogenados que participam de processos metabólicos normais de animais, plantas e microrganismos (HALÁSZ et al., 1994; BARDÓCZ, 1995; SILLA-SANTOS, 1996).

As aminas bioativas exercem diversas funções importantes, dentre elas, as poliaminas atuam como fator de crescimento celular e as aminas biogênicas são vaso ou neuroativas (SHALABY, 1996).

Atualmente são de grande relevância os estudos sobre compostos bioativos e a cada dia cresce o interesse sobre a identificação destes nos alimentos pela ciência e pela sociedade.

A determinação dos teores de aminas em frutas será importante para ampliar o conjunto de informações disponíveis, valorizar as frutas produzidas no Brasil, com atenção para as frutas nativas, onde a expectativa do crescimento econômico e produtivo por meio destas, cresce. Além disso, estes dados poderão fornecer informações úteis para a saúde da população, servindo como ferramenta na elaboração de planos alimentares, e auxiliarão no entendimento de fatores que afetam o crescimento, amadurecimento, senescência e vida de prateleira destes alimentos. Pacientes em tratamento contra o câncer, devem ser submetidos a dietas balanceadas, com teores reduzidos de poliaminas. Pessoas em tratamento com medicamentos inibidores das monoaminooxidases, como os antidepressivos, ou que apresentem o sistema de metabolismo das aminas deficiente, devem evitar alimentos susceptíveis de conterem elevados teores de aminas biogênicas, prevenindo a ocorrência dos sintomas

da intoxicação envolvendo a tiramina, fazendo assim, necessário a análise das frutas para aumentar as informações sobre a ocorrência de amins nos alimentos.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar os teores de amins bioativas e algumas características físico-químicas de frutas brasileiras consumidas *in natura* ou na forma de produtos como sucos, geléias, doces, licores, compotas, sendo elas, abacate, açai, cajá-manga, caqui, carambola, graviola, jenipapo, pequi, pêra e umbu.

Os objetivos específicos foram: (i) determinar o perfil e os teores de amins nas frutas; (ii) determinar as características físico-químicas, dentre elas pH, acidez e °Brix nas frutas; (iii) verificar a ocorrência de correlação entre os parâmetros físico-químicos e amins bioativas nas frutas analisadas; e (iv) determinar as propriedades funcionais das frutas em relação aos tipos e teores de amins bioativas.

REVISÃO DE LITERATURA

1 FRUTAS

1.1 O MERCADO DE FRUTAS

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial de frutas registrou crescimento de 4,86% em 2005. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com 41,2 milhões de toneladas produzidas (6% da produção mundial), atrás da China que produz 167 milhões de toneladas, e da Índia com produção de 57,9 milhões de toneladas (BRASIL, 2009).

O mercado internacional é altamente competitivo e exige frutas em qualidade e quantidade. Mesmo assim, existe espaço para colocação de frutas *in natura*, particularmente na entre safra do hemisfério norte, com espécies de clima tropical, como melão, abacaxi, banana, manga, mamão, e de clima temperado, como uva, maçã, figo, morango, entre outras (FACHINELLO & NACHTIGAL, 2009). As tendências internacionais apontam demanda crescente por produtos com alto teor nutritivo, que promovam bem-estar e uma alimentação mais saudável à base de frutas (PORTES, 2009).

O Brasil é o país das frutas, pois possui diferentes condições climáticas e tipos de solos, o que favorece a produção de várias frutas tropicais, subtropicais e temperadas o ano todo, o que não ocorre nas principais regiões frutícolas do mundo (STARLING, 1998). A fruticultura está presente em todos os estados brasileiros e, contribui para o crescimento da economia, fornecendo alimentos com valor agregado pelos benefícios que proporcionam à população e gera cerca de cinco milhões de empregos diretos e indiretos (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2010).

O Brasil, que atualmente é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, tem suprido o mercado interno com eficiência, importando pequena quantidade de outros países, principalmente as frutas de clima temperado. No entanto, apenas 2% das frutas frescas produzidas no Brasil são exportadas, sendo que o país ocupa o 15º lugar no ranking das exportações mundiais de frutas. Isso demonstra o grande mercado interno das espécies comerciais, que são vendidas *in natura* e na forma de sucos e

polpas (BRAZILIAN FRUIT, 2008; FACHINELLO & NACHTIGAL, 2009; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2010).

Os países da União Européia são os principais destinos das frutas brasileiras, representando mais de 70% do volume exportado. A Holanda recebe a maior parcela desses produtos (32%), porque funciona como um pólo de distribuição para os demais países, principalmente a Alemanha (Figura 1).

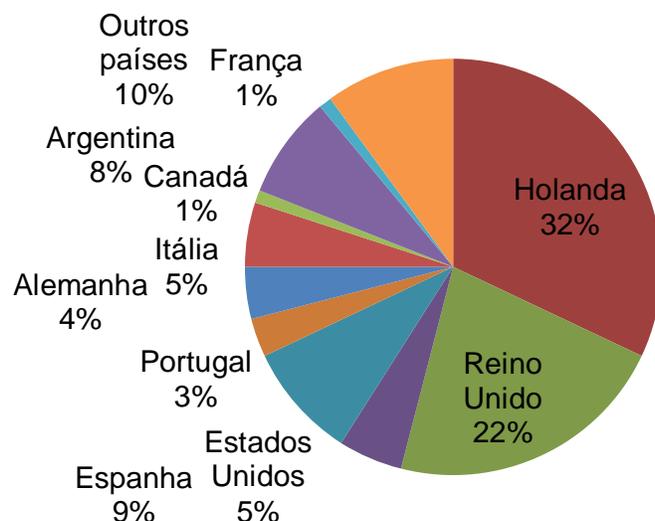


Figura 1 - Exportações brasileiras de frutas frescas em 2006.
Fonte: Brazilian Fruit (2008).

A produção brasileira de frutas aumentou 19% entre 2001 e 2009. Do total produzido, 47% são consumidos *in natura* e 57% são processados (BRAZILIAN FRUIT, 2008). O consumo per capita/ano também cresceu de 113 kg em 2001, para 125 kg em 2009 (BRASIL, 2010). Este aumento está relacionado ao poder aquisitivo da população brasileira, que obteve substancial aumento do salário mínimo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2010), e a procura por alimentos de alta qualidade e que beneficiem a saúde do consumidor, que está mais atento ao consumo de frutas frescas e outros produtos naturais (STARLING, 1998; FACHINELLO & NACHTIGAL, 2009).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), a produção de frutas de clima tropical é maior comparado com as de clima subtropical e temperado (Tabela 1). As frutas são plantadas em todo país, embora o fator clima seja o determinante para a escolha do local de exploração. No Nordeste predominam

banana, côco, caju, mamão, manga, abacaxi, entre outras. Os citros lideram no sudeste, enquanto no Sul são plantados uva, pêra, pêssego, e maçã.

Tabela 1 - Área total produtora das principais frutas no Brasil, de acordo com o clima

Frutas	Área (ha)
Tropicais	1.034.704
Subtropicais	928.552
Temperadas	135.857

Fonte: IBGE, 2007 (citado por FACHINELLO & NACHTIGAL, 2009).

No Centro-Oeste, os produtores vêm investindo na fruticultura. Os frutos das espécies nativas do cerrado oferecem um elevado valor nutricional, além de atrativos sensoriais como cor, sabor e aroma peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente (AGOSTINI-COSTA & VIEIRA, 2005). Muitas das espécies nativas do Cerrado constituem fontes em potencial de exploração econômica, pois apresentam características peculiares.

O Estado de Goiás é um grande produtor de frutas e hortaliças, sendo estas, em grande parte, enviadas para consumo *in natura* em outros centros consumidores. Além de grande produtor de frutas e hortaliças, o estado também possui uma grande área de cerrado que é muito rica em frutas nativas com características ainda desconhecidas em outras regiões (AGUIAR & CAMARGO, 2004).

No Norte do Brasil, o clima tropical úmido permite o desenvolvimento de uma fruticultura exótica e peculiar, com tipos de frutas ainda pouco conhecidas e consumidas. Nesta região destaca-se a venda externa do açaí. De todo o suco exportado pelo Pará, 80% é da fruta. As vendas externas da bebida oriunda do açaizeiro subiram 126% de 2006 a 2009. Isto ocorre devido às várias qualidades nutricionais da fruta, que agrega valores ao seu consumo (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2010).

A fruticultura ocupa hoje posição estratégica na expansão do agronegócio brasileiro. A base agrícola da cadeia produtiva abrange cerca de 2,3 milhões de hectares e gera 5,6 milhões de empregos, ou seja, 27% do total de mão-de-obra. A fruticultura é importante no incremento do agronegócio brasileiro, além de gerar empregos e renda (RIGON, 2005; ANDRIGUETO et al., 2007).

1.2 BENEFÍCIOS DAS FRUTAS PARA A SAÚDE

As frutas devem fazer parte das refeições diárias. Recomenda-se o consumo variado e com diferenças entre si, com relação as cores, composições e valores nutricionais relacionados às fibras, proteínas, carboidratos, vitaminas e sais minerais (BRASIL, 2005).

De acordo com a OMS, é recomendado o consumo de 400 g/dia de frutas, o que é equivalente a cinco porções diárias (BRASIL, 2005). Entretanto, o consumo de frutas no Brasil está abaixo do recomendado. Nos anos 2005, 2006 e 2007 a média de consumo per capita foi de 272,38 g, 299,60 g e 298,69 g, respectivamente (FAO, 2008).

Um estudo realizado no Brasil por meio de inquérito telefônico, mostrou que a frequência de adultos no país que consomem cinco ou mais porções diárias de frutas foi pequena na maioria das cidades estudadas, variando entre 9,6% em Rio Branco e 25,4% no Distrito Federal (BRASIL, 2005; JAIME & MONTEIRO, 2005; BRASIL, 2010).

No conjunto da população adulta das 27 capitais estudadas, a frequência de consumo recomendado de frutas foi de 18,9%, sendo menor em homens (14,8%) do que em mulheres (22,4%). Em ambos os sexos, a frequência do consumo recomendado de frutas aumentou com a idade e com o nível de escolaridade dos indivíduos (BRASIL, 2010).

Segundo as estimativas da OMS, a baixa ingestão de frutas, está entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para mortalidade no mundo, aumentando o risco das Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT) (CASTAÑOLA, MAGARIÑOS & ORTIZ, 2003; JAIME & MONTEIRO, 2005).

As frutas são fontes de nutrientes essenciais como minerais, fibras e vitaminas, são de baixo valor calórico, e o consumo está associado ao menor acúmulo de gordura corporal (MCCRORY et al., 1999). Além disso, são fonte de compostos antioxidantes, substâncias que retardam ou previnem a oxidação de moléculas, como exemplo as vitaminas C, E e A, carotenóides (beta-caroteno, licopeno) e taninos (quercetina) (COSTA & ROSA, 2006).

Dentre as frutas brasileiras, algumas se destacam pelas propriedades funcionais que exercem. O abacate se destaca por sua qualidade nutricional, rico em ácido oléico e beta-sitosterol, gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias (SALGADO et al., 2008).

De acordo com ROGEZ (2000), a polpa do açaí é fonte de vitamina E, fibras, manganês, cobre, boro e cromo. Destaca-se, dentre as frutas, quanto ao teor de lipídios, capaz de suprir cerca de 65% das necessidades recomendadas para um indivíduo adulto. O açaí pode fornecer entre 25 e 65% das quantidades recomendadas de proteínas.

As frutas do cerrado são altamente nutritivas, ricas não só em valor energético, como também em vitaminas e sais minerais. São empregadas na dieta popular como complemento alimentar e, além de consumidas *in natura*, podem ser processadas em doces, sucos, picolés, sorvetes, licores, bolos, pães ou mesmo utilizadas na culinária regional (ROESLER et al., 2007).

Dentre os diversos compostos identificados nas frutas, incluem-se as aminas bioativas. A análise destas em frutas é relevante, já que há pouca informação sobre os teores e perfis destes compostos em frutas produzidas no Brasil e com potencial econômico. A identificação destas é importante, tanto no cuidado que se deve ter ao consumir alimentos fonte em determinadas doenças, quanto aos benefícios que estas podem trazer à saúde.

2 AMINAS BIOATIVAS

2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Aminas bioativas são bases orgânicas alifáticas, de baixo peso molecular que participam de processos metabólicos normais de animais, plantas e microrganismos (HALÁSZ et al., 1994; BARDÓCZ, 1995; SILLA-SANTOS, 1996). Possuem esta nomenclatura devido a várias funções que exercem nas células (BARDÓCZ, 1995).

As aminas podem ser classificadas de acordo com o número de grupos amina, a estrutura química, a via biosintética e funções fisiológicas (BARDÓCZ, 1995; SILLA-SANTOS, 1996). De acordo com o número de grupos amina, elas podem ser monoaminas (tiramina, feniletilamina), diaminas (histamina, serotonina, triptamina, putrescina, cadaverina) ou poliaminas (espermina, espermidina, agmatina). Com base na estrutura química, podem ser aminas alifáticas (putrescina, cadaverina, espermina, espermidina, agmatina), aromáticas tiramina (feniletilamina) ou heterocíclicas (histamina, triptamina, serotonina) (Figura 2).

Quanto a via biossintética, as amins classificam-se em naturais (agmatina, putrescina, espermidina, espermina e histamina) e biogênicas (histamina, serotonina, tiramina, feniletilamina, triptamina, putrescina, cadaverina e agmatina) e com base nas funções fisiológicas, as amins são classificadas como poliaminas e amins biogênicas. As poliaminas desempenham um papel importante no crescimento, enquanto as amins biogênicas são neuro ou vasoativas (BARDÓCZ, 1995).

Dentre as classificações citadas acima, a que possui relevância para a saúde humana são as do grupo funções fisiológicas, poliaminas e amins biogênicas, as quais serão utilizadas neste trabalho.

2.2 POLIAMINAS

2.2.1 DEFINIÇÃO

Poliaminas são bases orgânicas alifáticas e hidrossolúveis, que, em pH fisiológico, atuam como polications. Pertencem ao grupo das poliaminas, a espermidina (EPD), a espermina (EPM) (BARDÓCZ, 1995) e a agmatina (AGM) (MOINARD et al., 2005). Estas substâncias ocorrem em todas as células, principalmente em tecidos de alta renovação celular (BARDÓCZ, 1995; LIMA & GLÓRIA, 1999; WALLACE, 2003; MOINARD, CYNOBER & BANDT, 2005).

Por serem polications, as poliaminas estão envolvidas em diversas funções metabólicas e fisiológicas em animais, vegetais e microorganismos (HOET & NEMERY, 2000; GUGLIUCCI, 2004; GARCIA-FAROLDI; SÁNCHEZ-JIMENÉZ & FAJARDO, 2009).

2.2.2 IMPORTÂNCIA NA SAÚDE E NA DOENÇA

As poliaminas são componentes indispensáveis de todas as células vivas, pois desempenham papel essencial no metabolismo celular (BARDÓCZ et al., 1993a). Como exemplo, a síntese de poliaminas, principalmente espermidina, aumenta gradualmente nas glândulas mamárias durante a gravidez e lactação.

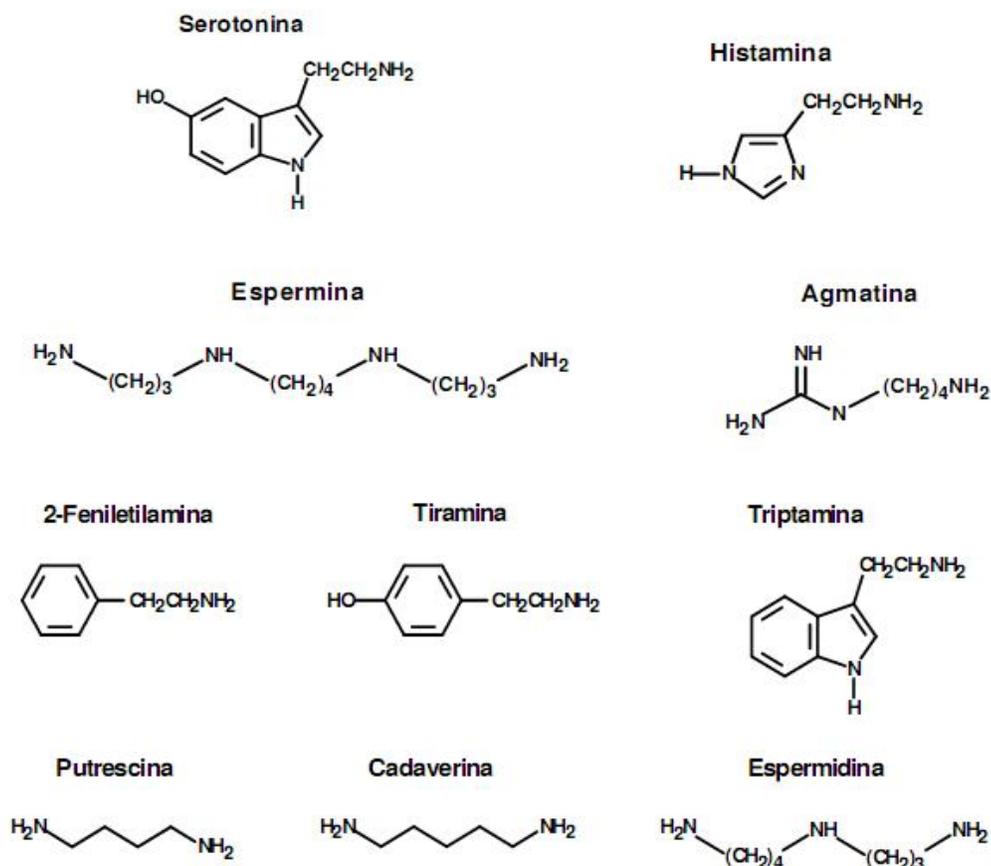


Figura 2 - Estrutura química de algumas aminas bioativas

Sob condições fisiológicas normais, os músculos contêm as poliaminas espermina e espermidina as quais atuam como fator de crescimento, sendo essenciais para as células. São importantes na permeabilidade e estabilidade das membranas celulares e reduzem a permeabilidade da mucosa a macromoléculas e proteínas alergênicas, prevenindo alergias alimentares (BARDÓCZ, 1995; LÖSER 2000).

As poliaminas podem formar pontes com estruturas carregadas negativamente, devido às cargas positivas distribuídas ao longo da sua cadeia alifática, estabilizando as membranas celulares (BARDÓCZ et al., 1993a; BARDÓCZ, 1995) e interagem com moléculas que se comportam como ânions, como o DNA (ácido desoxirribonucléico), RNA (ácido ribonucléico) e proteínas (LARQUÉ et al., 2007).

As poliaminas são essenciais para a manutenção da atividade metabólica e o funcionamento normal do intestino. Uma vez que a renovação celular no epitélio intestinal é maior que em outras partes do corpo, as poliaminas são de vital importância

para a estrutura e função de todo o trato digestivo, por estarem envolvidas no reparo de danos intestinais causados por componentes deletérios dos alimentos e microrganismos (BARDÓCZ et al., 1993a; DELOYER et al., 2001; MOINARD, CYNOBER & BANDT, 2005).

A biosíntese das poliaminas ocorre tanto *in situ*, quanto por meio da ingestão direta de poliaminas presente nos alimentos e também através da microbiota bacteriana residente no trato gastrointestinal dos indivíduos (BARDÓCZ, 1995; ELIASSEN et al., 2002).

A necessidade de poliaminas é dependente do estado fisiológico do tecido. Estas substâncias são essenciais para tecidos jovens em crescimento e desenvolvimento (BARDÓCZ, 1995). O requerimento em poliaminas é grande devido à diversidade de papéis que desempenham no crescimento, renovação e metabolismo celular. Em muitos casos, a capacidade de síntese de poliaminas pelas células não é suficiente para satisfazer o requerimento total (BARDÓCZ, 1993a; BARDÓCZ, 1995).

Em idosos, é importante manter os níveis ótimos de poliaminas em vários órgãos. O consumo de alimentos fonte de poliaminas é indispensável neste momento, já que a atividade da ODC diminui com o avanço da idade em animais (NISHIMURA et al., 2006).

2.2.3 SÍNTESE E METABOLISMO DAS POLIAMINAS

Acreditava-se que as poliaminas eram produzidas somente *in situ*, uma vez que todas as células são capazes de sintetizá-las (SMITH, 1984). Porém, HALÁSZ et al. (1994) observaram que, em alguns casos, a capacidade das células e órgãos de sintetizarem poliaminas é insuficiente para satisfazer os requerimentos totais. Os estudos mais recentes sugeriram que as poliaminas provenientes de fontes extracelulares são também de fundamental importância para os processos metabólicos (BARDÓCZ et al., 1993a; MEDINA et al., 2003; KALAC & KRAUSOVÁ, 2005).

De acordo com LARQUÉ et al. (2007), a principal fonte exógena de poliaminas provém da alimentação, especialmente em frutas, queijos, carnes e alguns vegetais e no leite humano. Além disso, as secreções pancreáticas e intestinais, produtos do catabolismo provenientes dos enterócitos e bactérias intestinais, contribuem para a grande quantidade de poliaminas disponíveis no lúmen.

Endogenamente, as poliaminas podem ser sintetizadas a partir da ornitina por reação de descarboxilação, catalisada pela enzima ornitina descarboxilase (OD) que

produz putrescina (Figura 3), a espermidina deriva da putrescina após a adição de um grupo propilamina derivado da S-adenosilmetionina (SAM) descarboxilada pela ação da espermidina sintase. Espermidina é similarmente convertida para espermina pela enzima espermina sintase que adiciona um segundo grupo propilamina vindo da SAM pela espermidina (MARTON & PEGG, 1995; LARQUÉ et al., 2007). Em vegetais, a síntese das poliaminas podem ocorrer tanto via agmatina quanto via ornitina. Para a formação da espermidina e espermina, um grupo aminopropil derivado da metionina via SAM é adicionado à putrescina para formar espermidina e a esta última para formar espermina (SMITH, 1984; BARDÓCZ, 1995; LIMA & GLÓRIA, 1999; NISHIMURA et al., 2006).

Nos tecidos, as poliaminas são submetidas às reações de interconversão e acetilação. Além disso, as células podem sintetizar suas próprias poliaminas vindas da ornitina, um aminoácido ativamente envolvido no ciclo da uréia no fígado (LARQUÉ et al., 2007).

No entanto, embora estas vias sejam claramente descritas em bactérias, são contraditórias em mamíferos. Isto porque a agmatina diminui a taxa da descarboxilação da ornitina e induz a uma baixa regulação na expressão de ODC. A suplementação de agmatina em células tumorais produz supressão da proliferação celular. (MOINARD et al., 2005).

2.3 AMINAS BIOGÊNICAS

2.3.1 Definição e funções

Algumas aminas biogênicas ocorrem naturalmente a partir dos aminoácidos (BARDÓCZ, 1995; MAINTZ et al., 2008) ou são formadas pela descarboxilação dos aminoácidos por meio de microorganismos. A histamina (HIM), por exemplo, pode ocorrer tanto naturalmente em grânulos especiais nos mastócitos e basófilos (SHALABY, 1996; LIMA & GLÓRIA, 1999), quanto podem ser formadas por atividade de enzimas de microorganismos adicionados ou contaminantes (LAVON et al., 2008).

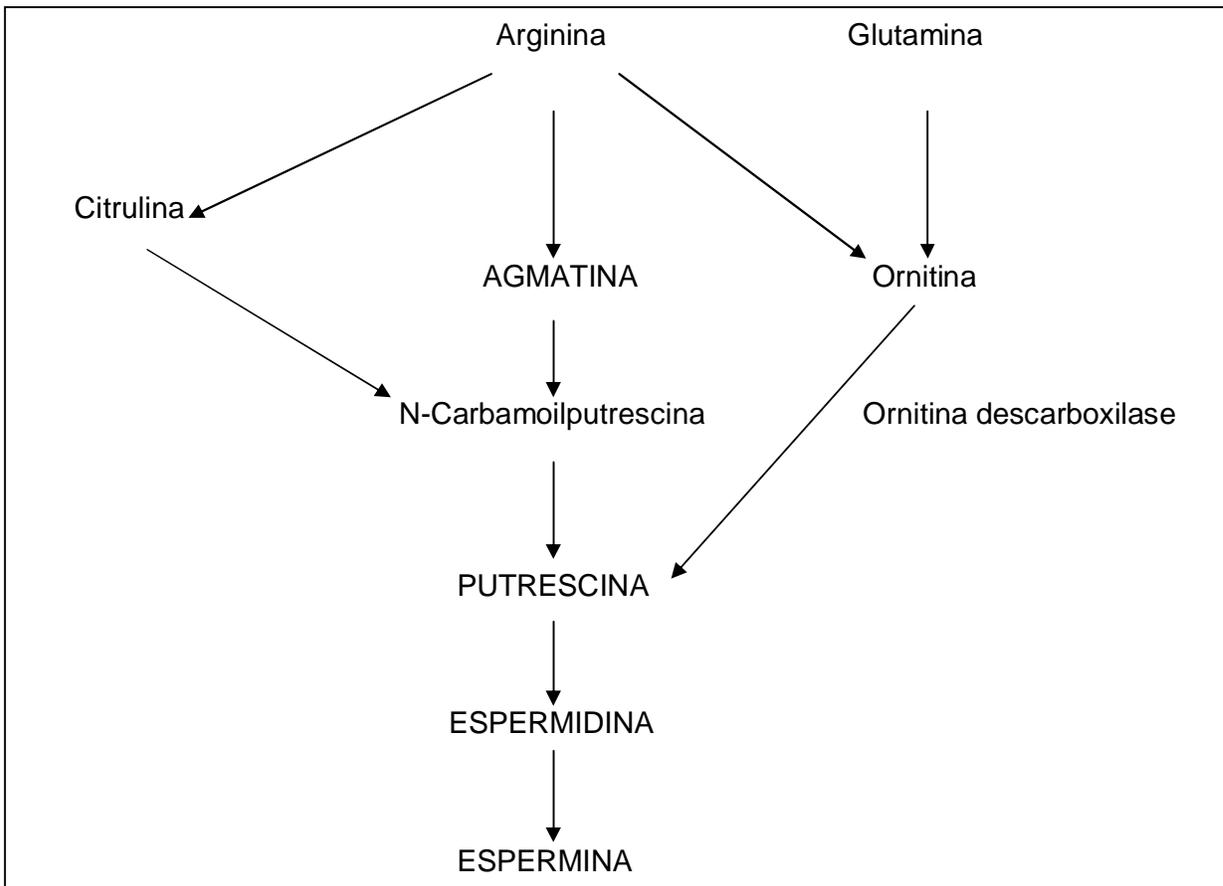


Figura 3 - Vias biossintéticas para poliaminas
 Fonte: LIMA & GLÓRIA (1999).

As amins biogênicas desempenham diversas funções. Elas são geralmente psicoativas, neuroativas ou vasoativas. As amins neuroativas, como a histamina e serotonina, desempenham diversas funções. Atuam na transmissão neural no sistema nervoso central, direta ou indiretamente no sistema vascular. Amins vasoconstritoras (tiramina, triptamina e feniletilamina) causam aumento na pressão sanguínea pela constrição do sistema vascular e aumentam a frequência cardíaca e força de contração do coração. Elas também mediam, de maneira primária e imediata, sintomas em respostas alérgicas (GLÓRIA, 2005).

A histamina possui funções importantes na resposta imune dentre outras atividades fisiológicas. Esta exerce seus efeitos através da ligação aos receptores das membranas celulares que são encontrados no sistema cardiovascular e em várias glândulas secretoras (JOOSTEN, 1988). A histamina é um dilatador capilar e pode produzir efeitos hipotensores, estimular diretamente o coração, causar a contração ou o relaxamento do músculo liso extravascular (excitar o músculo liso do útero, intestino e

trato respiratório), estimular neurônios sensoriais e motores e controlar a secreção de ácido gástrico (TAYLOR et al., 1984; SUMNER et al., 1990; SHALABY, 1996).

A serotonina é neurotransmissor, vasoconstritora, reduz o volume e a acidez do suco gástrico, tem efeito anti-diurético, estimula a musculatura lisa e afeta o metabolismo dos carboidratos (GARCIA & MARINÉ, 1983). Quando introduzido na circulação aferente, a serotonina provoca a liberação de prostaglandinas e outras substâncias vasoativas. Ela está envolvida na regulação de uma série de funções importantes, incluindo o sono, sede, fome, humor e atividade sexual (COUTTS et al., 1986).

2.3.2 Síntese e metabolismo das aminas biogênicas

A síntese das aminas biogênicas, histamina, tiramina, triptamina, feniletilamina e cadaverina ocorre por descarboxilação dos aminoácidos precursores histidina, triptofano, fenilalanina e lisina, respectivamente. A síntese de aminas biogênicas pode ocorrer por microorganismos que possuem atividade aminoácido-descarboxilase.

Vários fatores influenciam a formação de aminas biogênicas, dentre eles, a disponibilidade de aminoácidos livres, a presença de microorganismos que possuem atividade descarboxilase e condições favoráveis que permitam o crescimento dos microorganismos e a produção de enzimas descarboxilantes (BARDÓCZ, 1995) como na manipulação inadequada de atum. A histamina é estável ao calor e não é destruída por métodos de cocção (LAVON et al., 2008).

Inúmeras espécies bacterianas são produtoras de aminas, principalmente as representantes da família Enterobacteriaceae, particularmente os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella* e *Proteus* ao lado de espécies dos gêneros *Achromobacter*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pseudomonas*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Propionobacterium*, *Clostridium*. (SHALABY, 1996; LAVON et al., 2008).

As aminas podem ser formadas pela descarboxilação de aminoácidos por atividade enzimática de microorganismos (NOUT et al., 1993), estando frequentemente associadas a produtos em deterioração ou que passaram por etapas de maturação ou fermentação (SIMON-SARKADI et al., 1994).

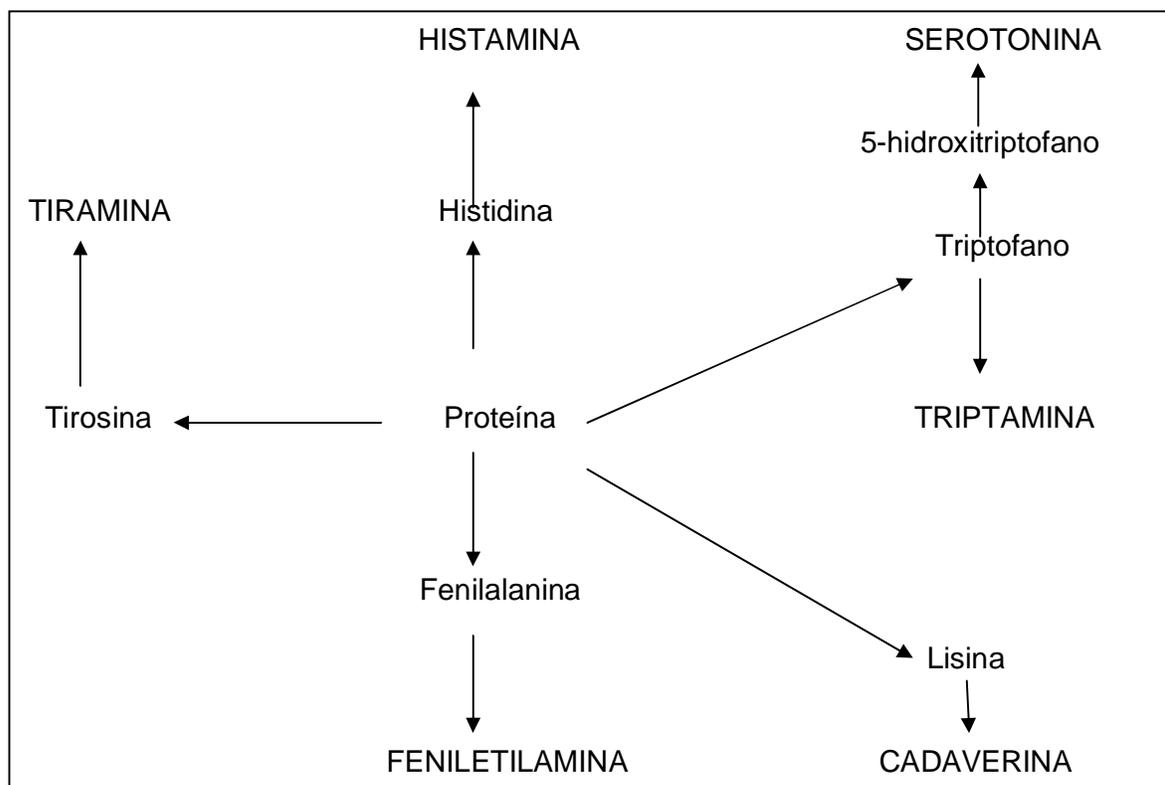


Figura 4 - Vias metabólicas para a síntese de aminas biogênicas
 Fonte: LIMA & GLORIA (1999).

2.4 ASPECTOS TÓXICOS DAS AMINAS BIOATIVAS

As aminas bioativas são substâncias importantes na dieta humana, pois desempenham funções fisiológicas essenciais. As aminas presentes nos alimentos são rapidamente metabolizadas no organismo por conjugação, ou mediante reações de oxidação por enzimas aminoxidases, como as monoaminoxidases (MAO), as diaminoxidases (DAO) e as poliaminoxidases (PAO) (SMITH, 1980-1981). Sendo assim, as aminas geralmente não apresentam risco à saúde humana. Entretanto, quando ingeridas em elevadas concentrações ou quando o sistema de catabolismo das aminas é inibido, podem causar efeitos tóxicos (HALÁSZ et al., 1994; GLÓRIA, 2005). A inibição do sistema de catabolismo pode ocorrer por questões genéticas ou pelo uso de medicamentos inibidores das enzimas catabolizadoras. Os inibidores de MAO e DAO são geralmente usados no tratamento de estresse, depressão, doença de Alzheimer e Parkinson, síndrome do pânico, fobia social e tuberculose (GLÓRIA, 2005).

Altos níveis de aminas biogênicas estão relacionados a episódios de intoxicação (Tabela 2), particularmente por histamina e tiramina. O efeito tóxico da histamina manifesta-se com sintomas cutâneos (urticária, edema e inflamação localizada); gastrintestinais (náusea, vômito, diarreia e dores abdominais); e sintomas hemodinâmicos (hipotensão, dor de cabeça, palpitação, formigamento e rubor) (SHALABY, 1996; LIMA & GLÓRIA, 1999; LAVON et al., 2008).

Diferentes doses tóxicas vêm sendo sugeridas na literatura para a histamina. Concentrações de 5 a 10 mg/100 g de alimento podem causar sintomas em indivíduos mais sensíveis (LIMA & GLÓRIA, 1999). Segundo) concentrações de histamina de 20 mg/100 g é considerado limiar de intoxicação clínica, já LIMA & GLÓRIA (1999) consideram doses acima de 100 mg/100 g com toxicidade elevada.

Alguns países têm estabelecido limites regulamentares para a histamina em pescado. A Suíça e a Suécia estabeleceram limites de 10 e 20 mg de histamina por 100 g de pescado, respectivamente. Os EUA estabeleceram limites de 5 e 10 mg de histamina por 100 g de peixe fresco e em conserva, respectivamente. O Brasil adota o limite regulamentado pelo Mercosul para peixes enlatados (LIMA & GLÓRIA, 1999).

A tiramina também está envolvida no processo de intoxicação. Quando alimentos contendo tiramina em altos níveis são ingeridos, uma grande quantidade desta amina não metabolizada pode atingir a corrente sanguínea. Ocorre um aumento na pressão sanguínea pela vasoconstrição periférica e aumento da potência cardíaca. A tiramina pode também dilatar as pupilas, causando lacrimação, promover salivação, febre, vômito, dor de cabeça e aumento na taxa de respiração e teor de açúcar no sangue. Após o consumo de alimentos ricos em tiramina, aproximadamente 30% dos indivíduos com enxaqueca clássica podem ter crise (GLÓRIA & VIEIRA, 2007).

A ingestão de alimentos ricos em tiramina por indivíduos sob ação de drogas inibidoras de monoaminoxidase (IMAO) pode resultar em crises hipertensiva. As drogas que incluem IMAO são usadas para o tratamento de stress, depressão e doença de Parkinson (MORET et al., 2005).

Tabela 2 - Efeitos tóxicos das aminas bioativas

Efeitos tóxicos	Aminas envolvidas	Sintomas
Intoxicação Histamínica	Histamina (efeito tóxico potencializado pela putrescina, cadaverina, espermina, triptamina, tiramina, feniletilamina e álcool)	Gastrintestinal: náusea, vômito, diarreia, cólica abdominal Neurológico: dor de cabeça pulsante, palpitação, rubor facial e no pescoço, coceira, Pulsação rápida e fraca, tontura, fraqueza e formigamento Hemodinâmico: hipotensão, dilatação capilar Cutâneo: erupção, urticária, edema, inflamação localizada Casos severos: bronco espasmos, sufocação, respiração difícil
Intoxicação por Tiramina	Tiramina	Dor de cabeça, febre, aumento na pressão sanguínea, vômito, transpiração, dilatação da pálpebra e pupilas, salivação, lacrimação, respiração aumentada, palpitação e dispnéia
Reação com queijo ou crise Hipertensiva (associada a pacientes mediados com IMAO)	Tiramina Feniletilamina	Crise hipertensiva, dor de cabeça severa, hemorragia cerebral, deficiência cardíaca, edema pulmonar, alterações na visão, palpitação, náusea, vômito, contração muscular, excitação, confusão mental, pressão sanguínea alta, febre e transpiração
Enxaqueca	Tiramina Feniletilamina Triptamina Serotonina	Dor de cabeça pulsante e ataque de enxaqueca

IMAO – Inibidor de Monoaminoxidase.

Fonte: GLÓRIA (2005).

Vários casos de intoxicação por histamina foram relatados após a ingestão de queijos e bebidas alcoólicas. Os ataques duram de 10 minutos a 6 horas, durante os quais quadros de hipertensão e dor de cabeça variam. Podem ocorrer também alterações visuais, vômitos, contração muscular, confusão mental ou excitação. (SHALABY, 1996; MORET et al., 2005; GLÓRIA & VIEIRA, 2007).

A dose tóxica da tiramina é de 10 a 80 mg/100 g do alimento. Entretanto, a ingestão de alimentos contendo 6mg de tiramina pode causar enxaqueca e de 10 a 25mg pode provocar crise hipertensiva em indivíduos em uso de IMAO (LIMA & GLÓRIA, 1999). Dentre os alimentos envolvidos com intoxicação por tiraminas estão os queijos tipo Gouda, Cheddar, Gruyère e Suíço (LIMA & GLÓRIA, 1999).

De acordo com MORET et al. (2005), as poliaminas, espermidina e espermina, embora não exerçam efeitos tóxicos diretamente, podem potencializar a toxicidade da tiramina e histamina por competição com as enzimas detoxificantes.

2.5 AMINAS BIOATIVAS EM FRUTAS

2.5.1 Ocorrência

Em geral, as frutas são ricas em putrescina e espermidina, contendo pouca ou quase nenhuma espermina. Maiores teores de espermina são geralmente encontrados em produtos cárneos (BARDÓCZ, 1995).

A concentração de aminos nos tecidos vegetais é afetada por diversos fatores, como o grau de maturação, luz e temperatura. A maior concentração ocorre nos primeiros estádios de desenvolvimento dos frutos (tecidos do mesocarpo), declinando em cerca de 30% até o completo amadurecimento (MORET et al., 2005). SILVA (2004) determinou o teor e o perfil de aminos bioativas em 10 variedades de frutas (Tabela 3).

2.5.2 Funções

As poliaminas putrescina, espermidina e espermina estão naturalmente presentes em frutas e hortaliças, onde estão envolvidas em vários mecanismos fisiológicos sendo eles, crescimento da planta, floração, desenvolvimento e amadurecimento do fruto, senescência e resposta ao estresse (SMITH, 1984; VALERO et al., 2002). As poliaminas estimulam a divisão celular, atuando na regulação da síntese de DNA (BARDOCZ, 1995).

Tabela 3 - Teor e perfil de aminos bioativas em algumas frutas

Frutas	Aminas (mg/100 g)							
	PUT	HIS	TIM	SRT	AGM	EPD	EPM	Total
Melancia	0,06	0,07	nd	nd	nd	0,47	0,14	0,74
Melão	0,04	0,05	0,03	nd	nd	0,27	0,28	0,66
Maçã	0,11	nd	nd	nd	nd	0,21	nd	0,32
Morango	0,08	nd	nd	nd	nd	0,28	0,13	0,49
Pêssego	0,14	0,28	nd	nd	nd	0,29	0,15	0,86
Manga	0,09	nd	nd	nd	nd	0,46	0,22	0,30
Abacaxi	0,11	nd	nd	0,99	0,12	0,70	0,19	2,10
Mamão	1,01	nd	nd	nd	0,1	0,54	0,07	1,72
Goiaba	0,10	nd	nd	nd	nd	0,38	0,42	0,90
Maracujá	1,79	nd	nd	0,18	0,08	3,05	2,43	7,53

Fonte: SILVA (2004).

PUT= putrescina, HIS=histamina, TIM=tiramina, SRT=serotonina, AGM=agmatina, EPD= espermidina, EPM=espermina

O amadurecimento confere atributos positivos à fruta, dentre eles o desenvolvimento de flavor, cor e texturas desejáveis e o suprimento de carboidratos, ácidos orgânicos, fibras, vitaminas e minerais (VALERO et al., 2002). Foi encontrada uma relação entre a síntese de poliaminas e a inibição da biosíntese de etileno, a qual foi interpretada como resultado da competição pelo mesmo precursor, S-adenosilmetionina (Figura 5) (VALERO et al., 2002).

O desenvolvimento da fruta termina com o processo de senescência. O etileno tem um papel importante neste processo, estando envolvido na degradação das estruturas celulares, perda intensiva de clorofila e proteínas, aumento rápido na peroxidação lipídica, ruptura das membranas celulares e perda da estrutura do tecido (VALERO et al., 2002)

Com isto, a aplicação exógena de poliaminas para retardar o amadurecimento de frutos é amplamente estudada, já que a vida de prateleira da maioria das frutas não é prolongada. Sendo assim, LIMA et al. (2003), classificaram as poliaminas como reguladores vegetais.

Além disso, pode-se dizer que com a adição exógena de poliaminas em frutas, há aumento na firmeza destas, que pode ser atribuído à ligação cruzada destes compostos a grupos carboxílicos de substâncias pécticas na parede celular, resultando na rigidez, detectável logo após o tratamento (MORET et al., 2005).

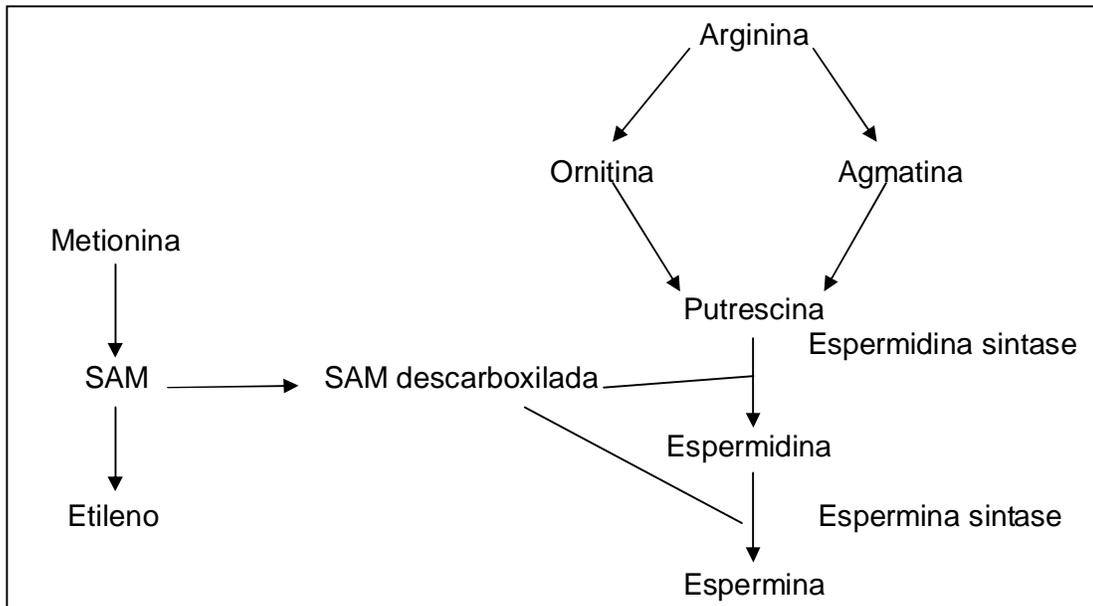


Figura 5 - Via de biossíntese comum entre o etileno e as poliaminas.
 Fonte: KUMAR et al. (1997).

Em limões, o tratamento pós-colheita com putrescina aumentou a firmeza dos frutos e a resistência da casca a rupturas (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1999). A adição de poliaminas em folhas de aveia inibiu a perda de clorofila e estabilizou as membranas (KUMAR et al., 1997).

A aplicação exógena de poliaminas em bananas imaturas mostrou ser efetiva quanto ao retardo na degradação da clorofila, isto é, ocorreu retenção da cor verde (LIMA et al., 2003).

Além das poliaminas espermidina, espermina e putrescina, outras aminas estão naturalmente presentes em frutas, como feniletilamina, serotonina, triptamina, histamina, agmatina e cadaverina, muitas das quais tem um papel protetor contra predadores. Algumas são importantes na síntese de metabólitos secundários, como nicotina e outros alcalóides. Triptamina e feniletilamina são precursores de substâncias de crescimento (COUTTS et al., 1986).

2.5.3 Fatores que influenciam os teores de aminos em frutas

Os perfis e teores de aminos naturalmente presentes nas frutas variam dependendo da espécie vegetal, do grau de maturação e/ou desenvolvimento. Entretanto, poucos estudos estão descritos na literatura quanto aos tipos e teores de aminos bioativas em frutas (GLÓRIA, 2005).

Os níveis de putrescina e espermidina declinam entre o estágio imaturo e maduro. Segundo MORILLA, GARCIA & ALBI (1996) com o amadurecimento do tomate, as concentrações de putrescina, espermidina e espermina reduziram de 1800, 600 e 500nmol/g para 75, 60 e 10 nmol/g, respectivamente. Altos níveis de poliaminas ocorrem na fase inicial do desenvolvimento das frutas, devido à intensa divisão celular.

Poucos estudos investigaram todos os tipo de aminos que podem ser encontrados em frutas, a maioria tendo pesquisado aminos específicas, como as poliaminas (BARDÓCZ et al., 1993a; ELIASSEN et al., 2002), importantes ao crescimento, e as aminos biogênicas, dentre elas, tiramina e histamina (COUTTS et al., 1986), associadas a surtos de intoxicação. Portanto, mostra-se a importância da análise das aminos bioativas em frutas, para ampliar o banco de dados existentes nestes alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

1 MATERIAL

1.1 AMOSTRAS

As frutas analisadas (Tabela 4) foram adquiridas no mercado consumidor de Belo Horizonte, MG, no período entre março de 2010 a janeiro de 2011, com exceção do açaí que foi fornecido pela Universidade do Pará, Belém, PA.

Tabela 4. Caracterização das frutas selecionadas para análise

Fruta	Família	Espécie	Parte analisada
Abacate ¹	<i>Lauraceae</i>	<i>Persea americana</i> M.	polpa
Açaí ³	<i>Arecaceae</i>	<i>Euterpe oleracea</i> M.	extrato
Cajá-manga ³	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias dulcis</i> P.	polpa
Caqui ¹	<i>Ebenaceae</i>	<i>Diospyros Kaki</i> L.f.	Casca e polpa
Carambola ¹	<i>Oxalidaceae</i>	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Casca e polpa
Graviola ¹	<i>Annonaceae</i>	<i>Annona muricata</i> L.	polpa
Jenipapo ²	<i>Rubiaceae</i>	<i>Genipa americana</i> L.	polpa
Pequi ²	<i>Caryocaraceae</i>	<i>Caryocar brasiliense</i> C.	polpa
Pêra ¹	<i>Rosaceae</i>	<i>Pyrus communis</i> L.	Casca e polpa
Umbu ³	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias tuberosa</i> A. K.	polpa

Fonte: ¹IBGE (1980); ²SILVA (2001); ³TACO (2006).

Um total de 10 tipos de frutas foram analisadas. No momento da compra e análise, as frutas estavam frescas, firmes, isentas de doenças ou pragas, com tamanho, aroma e cor próprios das espécies. Foram obtidos cinco lotes em épocas diferentes de cada variedade da fruta. As frutas foram lavadas, para retirar a sujidade visível, e em seguida a parte comestível da fruta foi retirada e homogeneizada em processador da marca Arno.

As amostras foram analisadas quanto aos teores de aminos bioativas, sólidos solúveis, pH, e acidez titulável.

1.2 PADRÕES DE AMINAS BIOATIVAS E REAGENTES

Os padrões histamina (HIM, dicloridrato), putrescina (PUT, dicloridrato), cadaverina (CAD, dicloridrato), tiramina (TIM, cloridrato), serotonina (SRT, cloridrato), agmatina (AGM, sal sulfato), espermidina (EPD, tricloridrato), espermina (EPM, tetracloridrato), 2-feniletilamina (FEM, cloridrato) e triptamina (TRM, cloridrato) foram adquiridas da Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, EUA). Para o preparo da solução padrão de cada amina foi considerado a massa da base livre (sem utilização da massa de cloreto ou sulfato) para resultar numa concentração de 1 mg/mL em TCA 0,1 mol/L. A partir de alíquotas de 1 mL de cada uma das soluções individuais, foi obtido 10 mL de solução padrão contendo dez aminas.

Os reagentes e solventes utilizados eram de grau analítico, exceto aqueles empregados nas análises cromatográficas, que eram de grau cromatográfico. Toda a água utilizada era ultrapura obtida do Sistema Milli-Q Plus (Millipore Corp., Milford, MA, EUA).

2 MÉTODOS

2.1 DETERMINAÇÃO DAS AMINAS BIOATIVAS

A Figura 5 mostra o esquema resumido das etapas para a determinação das aminas nas frutas. A determinação das aminas bioativas iniciou-se pela extração das aminas das amostras da seguinte forma: amostras de 5 g de cada fruta foram pesadas em balança analítica Sartorius Basic (Sartorius AG, Goettingen, Alemanha) e, em seguida, adicionou-se 7 mL de ácido tricloroacético (TCA) 5%. As amostras foram homogêneas e levadas a agitação em mesa agitadora (Tecnal, modelo TE-140, Piracicaba, Brasil) durante 5 minutos, seguida de centrifugação em centrífuga refrigerada Jouan Thermo MR23i (França) a 11180 g a 4 °C por 10 minutos. O processo foi repetido por mais duas vezes adicionando-se ao resíduo, 7 e 6 mL de TCA, respectivamente. Após as centrifugações e filtrações, os sobrenadantes foram combinados, filtrados em papel filtro qualitativo (ADÃO & GLÓRIA, 2005).

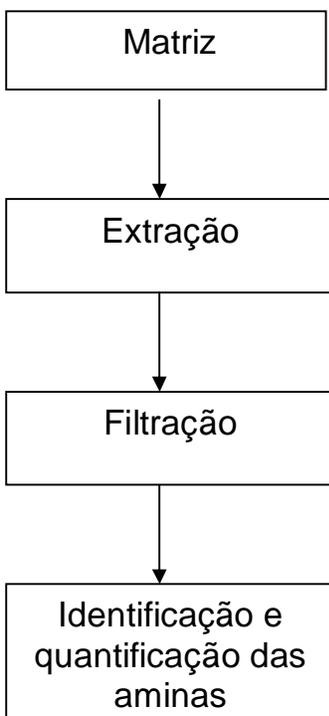


Figura 6. Etapas para determinação das aminas bioativas nas frutas.

Fonte: ADÃO & GLÓRIA (2005).

2.2 IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS AMINAS BIOATIVAS

Dez aminas bioativas foram pesquisadas, dentre elas, espermidina, espermina, putrescina, agmatina, cadaverina, serotonina, histamina, tiramina, triptamina e feniletilamina. A metodologia utilizada para a separação, detecção e quantificação das aminas foi a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) por pareamento de íons em coluna de fase reversa. O cromatógrafo utilizado foi o modelo LC-10AD com câmara de mistura à alta pressão, conjunto de lavagem automática de pistão e injetor automático modelo SIL-10AD VP (Shimadzu, Kioto, Japão). As amostras foram filtradas imediatamente antes da injeção, utilizando-se membrana HAWP de 13 mm de diâmetro e 0,45 µm de tamanho do poro (Millipore, Corp., Milford, MA, EUA).

Para a separação das aminas foram empregadas duas fases móveis: fase móvel A, solução tampão contendo acetato de sódio 0,2 mol/L e octanossulfonato de sódio 15 mmol/L, com pH ajustado para 4,9 com ácido acético glacial; e fase móvel B – acetonitrila (ADÃO & GLÓRIA, 2005).

A quantificação foi feita por fluorimetria utilizando 340 e 445 nm de excitação e emissão, respectivamente, após derivação com *o*-ftalaldeído (ADÃO & GLÓRIA, 2005). A derivação pós-coluna foi realizada por meio de uma câmara de mistura instalada após a saída da coluna em um tubo de teflon de 2 m de comprimento conectando a câmara de mistura ao detector de fluorescência. A solução derivante, preparada diariamente e mantida sob abrigo da luz, consistiu de 0,2 g de *o*-ftalaldeído dissolvido em 3 mL de metanol, diluídos em solução de 25 g de ácido bórico e 22 g de hidróxido de potássio para 500 mL de água (pH 10,5 a 11,0). Foram adicionados a esta solução 1,5 mL de Brij 35 e 1,5 mL de mercaptoetanol.

A identificação das aminas foi feita por comparação entre os tempos de retenção dos picos encontrados nas amostras com os das aminas da solução padrão. Soluções padrão foram também analisadas, intercaladas às amostras. A quantificação de aminas foi feita por interpolação em curva padrão externa baseada na relação área do pico versus concentração obtida para cada amina, sendo os resultados expressos em mg/100 g.

2.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os teores de sólidos solúveis foram determinados através do refratômetro de precisão manual da marca Leica, modelo 7530L, colocando-se uma gota de amostra no prisma do aparelho e fazendo-se a leitura diretamente na escala de °Brix (BRASIL, 1986).

2.4 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O valor do pH foi determinado em potenciômetro da marca Digimed, modelo DM 20 (São Paulo, SP, Brasil), imergindo-se o eletrodo em béquer contendo a amostra, após calibração do instrumento com as soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (BRASIL, 1986).

2.5 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

A acidez total foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 mol/L padronizada, utilizando fenolftaleína como indicador. Foi pesada previamente 10 g da fruta e homogeneizada em 100 mL de água destilada (BRASIL, 1986). Os resultados

foram expressos como g de ácido cítrico por 100 g, com exceção do caqui que tem o ácido málico como o ácido predominante (IAL, 2004).

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada no programa SPSS 13.0. Os resultados foram submetidos a teste de normalidade, constatando-se que os dados não seguiam uma distribuição normal. As variáveis das aminas encontradas foram comparadas entre as frutas através do teste não paramétrico de Kruskal Wallis. A comparação múltipla 2 x 2 entre as frutas foi feita utilizando o teste de Mann Whitney. O número de comparações 2 x 2 foi 45.

Os parâmetros físico-químicos foram analisados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Foi feita a correlação de Spearman, devido a não normalidade das variáveis. O nível de significância foi de 0,05 para detectar a existência de correlação entre os parâmetros físico-químicos e os teores de aminas bioativas nas frutas analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 AMINAS BIOATIVAS ENCONTRADAS NAS FRUTAS

Dentre as dez aminas bioativas investigadas na diferentes frutas, apenas cinco foram encontradas, dentre elas, espermidina, espermina, putrescina, tiramina e cadaverina. As demais aminas pesquisadas - serotonina, triptamina, feniletilamina, histamina e agmatina - não foram encontradas em nenhuma das amostras incluídas neste estudo.

A freqüência da ocorrência de aminas bioativas nas frutas analisadas está indicada na Figura 7. Dentre as aminas encontradas nas amostras de frutas, a que ocorreu em todas as frutas foi a espermidina (100%), seguida da putrescina, que estava presente em 81% das amostras. As demais aminas estavam presentes em menos de 40% das amostras: espermina em 38% das amostras, tiramina em 23% e cadaverina e 16% das amostras.

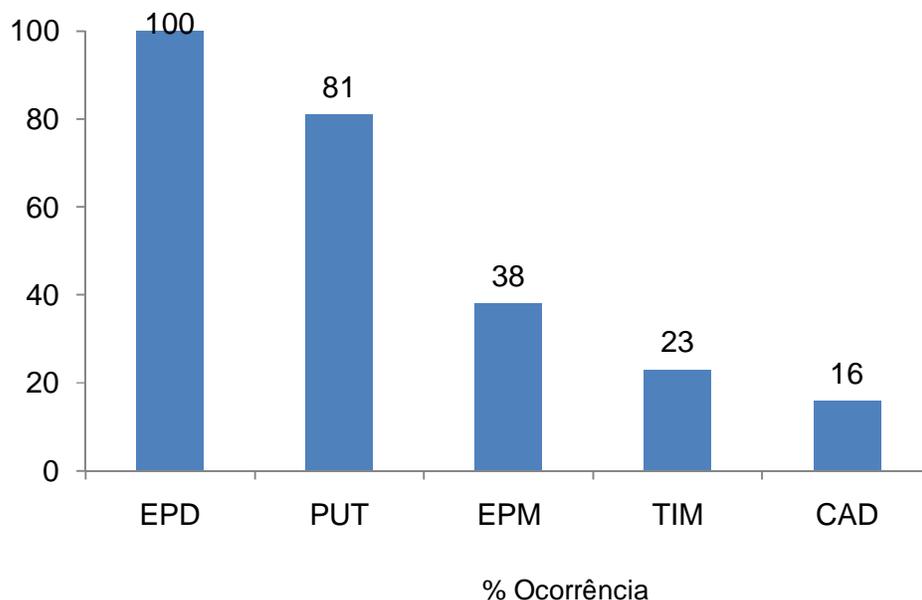


Figura 7. Frequência de ocorrência de aminas bioativas em todas as frutas analisadas.

EPD= espermidina, EPM= espermina, PUT= putrescina, TIM=tiramina, CAD= cadaverina.

A presença da espermidina e da putrescina nas frutas já era esperada conforme descrito por BARDÓCZ (1995), ELIASSEN et al. (2002), MORET (2005) e SANTIAGO-SILVA et al. (2011). Segundo estes autores, a espermidina é dominante em vegetais, e está envolvida na divisão e diferenciação celular, síntese de ácidos nucléicos e proteínas, estabilidade da membrana e retardo da senescência. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005) e GLÓRIA (2005), a putrescina está presente em baixas concentrações em frutas e hortaliças por ser precursora obrigatória das poliaminas. Por outro lado, os teores de putrescina podem aumentar, sendo o acúmulo desta amina uma resposta a vários estresses que a planta pode sofrer, como acidez e salinidade, e deficiências hídrica ou mineral.

A ocorrência de espermina em menor percentual (38%) também está de acordo com a literatura já que esta amina é encontrada principalmente nos alimentos de origem animal e em menor percentual na maioria das frutas e hortaliças (BARDÓCZ, 1995; ALI et al., 2011).

Com relação às aminas tiramina e cadaverina, estas ocorreram de forma esporádica, estando menos presentes do que as poliaminas em vegetais, como relatado neste estudo. Entretanto, em alguns vegetais, estas e outras aminas podem alcançar altas concentrações. Nestes, estas aminas podem ter função protetora contra insetos e animais herbívoros. De acordo com SMITH (1980-1981), algumas dessas aminas são encontradas em determinadas famílias botânicas, exercendo funções de defesa. A serotonina, por exemplo, atua em plantas, repelindo e/ou protegendo do ataque de animais forrageiros e predadores, podendo também servir como indicadores quimiotaxômicos. Porém há pouca informação sobre a presença destas aminas em frutas (MORET et al., 2005).

2 PERFIL DE AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS

Os tipos de aminas encontradas por fruta estão indicados na Tabela 5. Conforme mencionado anteriormente, a espermidina foi detectada em todas as frutas. Putrescina foi encontrada em nove frutas, não sendo detectada em açaí. A espermina foi detectada em seis frutas, e a tiramina e a cadaverina em três.

Tabela 5. Tipos de aminos encontradas por tipo de fruta analisada

Frutas	Aminas				
	EPD	EPM	PUT	TIM	CAD
Abacate	X	X	X	X	
Açaí	X	X			X
Cajá-manga	X		X		
Caqui	X	X	X		
Carambola	X	X	X		
Graviola	X	X	X	X	X
Jenipapo	X		X		
Pêra	X		X		
Pequi	X	X	X		X
Umbu	X		X	X	

EPD=espermidina; EPM=espermina; PUT=putrescina; CAD=cadaverina; TIM=tiramina.

Observa-se uma menor quantidade de tipos de aminos nas frutas cajá-manga, jenipapo e pêra, as quais continham apenas espermidina e putrescina. Em açaí, caqui, carambola e umbu foram detectados três aminos, sendo o perfil de aminos distinto entre elas. Quatro aminos foram encontradas em abacate e pequi e cinco aminos só foram encontradas na graviola.

A ocorrência das aminos em função das diferentes frutas analisadas estão indicadas na Figura 8. Interessante observar que as frutas cajá-manga, jenipapo e pêra, as quais continham apenas espermidina e putrescina, tiveram estas aminos presentes em 100% das amostras analisadas. Estes resultados indicam serem estas aminos inerentes aos frutos, destacando-se que a espermidina é a única poliamina presente nestes frutos.

No caqui e na carambola, a ocorrência das aminos espermidina, putrescina e espermina foi similar. A espermidina foi a poliamina presente em todas as amostras e a espermina foi esporádica com 40 e 80% de ocorrência no caqui e carambola, respectivamente. A putrescina é inerente a carambola (100%) e ocasional no caqui (80%). Nesta frutas fica destacada a existência das duas formas das poliaminas, tanto a tri- quanto a tetra-amina.

Nas demais frutas, além das poliaminas espermidina, espermina e da precursora putrescina, surgiram outras aminos, a tiramina e a cadaverina. A cadaverina foi encontrada em açaí, graviola e pequi e a tiramina em abacate, graviola e umbu.

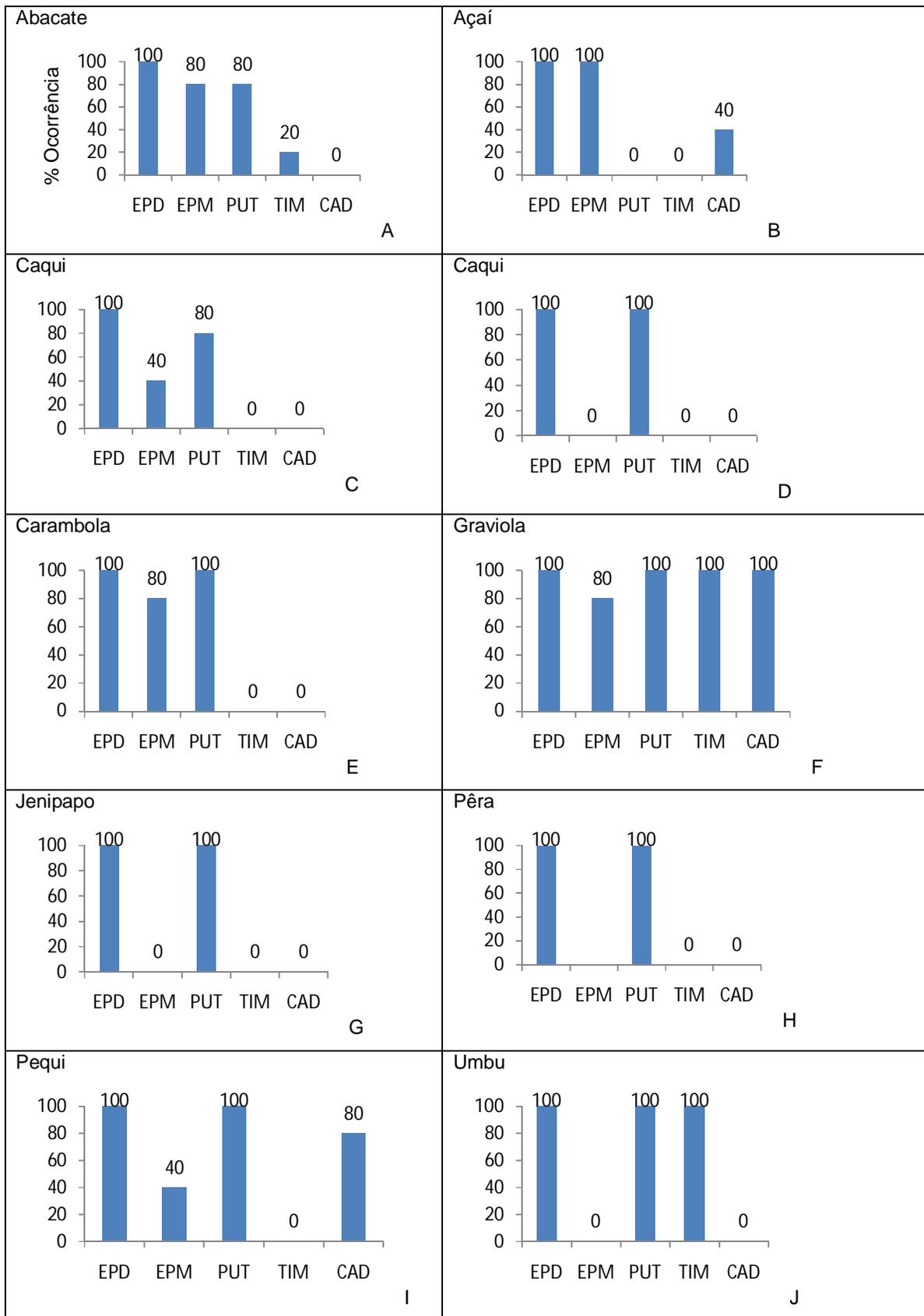


Figura 8. Percentual de ocorrência de aminas bioativas nas frutas abacate (A), açaí (B), cajá-manga (C), caqui (D), carambola (E), graviola (F), jenipapo (G), pêra (H), pequi (I) e umbu (J).

Para o açaí houve ocorrência das duas poliaminas espermina e espermidina em todas as amostras, demonstrando serem estas típicas desta fruta. Interessante observar que em todas as amostras, a precursora putrescina não foi detectada, o que indica que esta amina se mantém em níveis muito baixos, inferiores ao limite de detecção da técnica. A cadaverina estava presente esporadicamente nas amostras, o que sugere que a presença desta amina é afetada por algum fator não controlado neste estudo, seja ele espécie de açaí ou condições de produção e tratamento pós-colheita.

No umbu foram detectadas três aminas, todas elas presentes em todas as amostras. As aminas eram a poliamina espermidina, a sua precursora putrescina e a tiramina. Pelos resultados obtidos estas três aminas seriam inerentes ao umbu.

O abacate continha quatro aminas sendo a espermidina e a putrescina presente em todas as amostras e a espermina e a tiramina de ocorrência esporádica. A espermina também surge como uma outra forma de poliamina presente.

O pequi também se caracterizou pela presença de quatro aminas, sendo a espermidina e a putrescina presentes em todas as amostras. As outras aminas presentes foram a espermina e a cadaverina, que ocorreram de forma esporádica.

No caso da graviola, na qual haviam sido detectadas cinco tipos de aminas, observa-se que a espermidina, a putrescina e a tiramina estavam presentes em 100% das amostras analisadas. Por outro lado, a espermina ocorreu em apenas 80% das amostras. Estes resultados indicam que três aminas – espermidina, putrescina e tiramina – são típicas da graviola e que a presença da espermina é afetada por algum parâmetro, provavelmente associado a diferentes espécies, tratamentos culturais ou condições pós-colheita. Observa-se ainda que esta fruta acumula os dois tipos de poliaminas sendo a espermidina inerente a fruta e a espermina de ocorrência esporádica.

Baseado nestes dados, as frutas apresentaram diferentes perfis de ocorrência de aminas. O caja-manga, o jenipapo, a pêra e o umbu apresentaram ocorrência de aminas similar em todas as amostras, o que sugere que a presença das aminas nestas frutas não parece ser afetada por aspectos culturais ou durante o armazenamento. Por outro lado, as demais frutas, além de apresentarem algumas aminas de forma constante, apresentaram outras aminas de forma esporádica, refletindo algumas possibilidades de existência de diferentes espécies ou da influência de tratamentos culturais.

3 TEORES DE AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS

Na tabela 6 está apresentada a análise descritiva dos dados das aminas bioativas detectadas nas respectivas frutas. Os teores totais medianos de aminas nas frutas analisadas estão apresentados na Figura 9. De um modo geral, os teores totais de aminas variaram de 0,47 mg/100 g no caqui e no açaí a 1,37 mg/100 g no abacate. Entre as 10 frutas analisadas, somente em três, foram detectados teores totais de aminas acima de 1,0 mg/100 g, dentre elas, abacate, graviola e umbu. Pequi e cajá-manga apresentaram teores intermediários (teores menores que 1,0 mg/100 g, porém maiores que 0,70 mg/100 g). Por outro lado, teores totais menores que 0,60 mg/100 g foram encontrados em caqui, açaí, carambola, jenipapo e pêra.

3.1. TEORES DE ESPERMIDINA NAS DIFERENTES FRUTAS

Os teores de espermidina encontrados nas frutas estão apresentados na Figura 10. Observa-se que os maiores teores medianos ($> 0,50$ mg/100 g) foram encontrados em abacate e cajá-manga. Os menores teores medianos ($\leq 0,20$ mg/100 g) foram observados para o açaí, graviola e pequi. O caqui, a carambola, a graviola, o jenipapo, a pêra e o umbu apresentaram teores intermediários (entre 0,21 e 0,49 mg/100 g).

Na figura 11 estão apresentadas as variações nos teores de espermidina observados em cada fruta. Estas variações foram maiores para a graviola e o abacate (0,62 e 0,46 mg/100 g, respectivamente) enquanto que para as demais frutas, a variação foi $\leq 0,20$ mg/100 g. Os outliers presentes no gráfico mostram valores de espermidina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada, tendo estes ocorridos para cajá-manga, carambola, jenipapo e pequi.

Tabela 6 Valores mínimo, máximo, mediana e intervalo interquartil dos teores de aminos bioativas individual e total encontrados nas frutas analisadas

Frutas	Aminas bioativas (mg/100 g)					
	EPD	EPM	PUT	TIM	CAD	Total
Abacate						
min-máx	0,39-1,05	nd-0,36	0,09-0,48	nd-0,07	nd	0,79-1,57
mediana	0,74	0,21	0,33	0,00	0,00	1,37
I.Int	0,46	0,38	0,45	0,04		0,65
Açaí						
min-máx	0,10-0,16	0,12-0,47	nd	nd	nd-0,80	0,28-1,13
mediana	0,12	0,27	0,00	0,00	0,00	0,47
I.Int	0,08	0,15				0,52
Cajá-manga						
min-máx	0,49-0,72	nd	0,08-0,11	nd	nd	0,58-0,85
mediana	0,69	0,00	0,09	0,00	0,00	0,78
I.Int	0,1		0,01			0,16
Caqui						
min-máx	0,29-0,51	nd-0,05	nd-0,17	nd	nd	0,33-0,68
mediana	0,42	0,00	0,04	0,00	0,00	0,47
I.Int	0,19	0,03	0,09			0,28
Carambola						
min-máx	0,19-0,42	nd-0,05	0,07-0,25	nd	nd	0,35-0,55
mediana	0,29	0,02	0,15	0,00	0,00	0,52
I.Int	0,08	0,05	0,06			0,15
Graviola						
min-máx	0,09-0,78	nd-0,32	0,05-0,65	0,13-0,70	0,03-0,14	0,45-1,95
mediana	0,20	0,10	0,32	0,25	0,05	1,23
I.Int	0,62	0,16	0,38	0,38		1,01
Jenipapo						
min-máx	0,33-0,52	nd	0,07-0,30	nd	nd	0,42-0,82
mediana	0,47	0,00	0,09	0,00	0,00	0,55
I.Int	0,09		0,22			0,33
Pêra						
min-máx	0,22-0,43	nd	0,03-0,16	nd	nd	0,24-0,50
mediana	0,35	0,00	0,06	0,00	0,00	0,48
I.Int	0,11		0,08			0,18
Pequi						
min-máx	0,05-0,20	nd-0,10	0,37-1,12	nd	nd-0,08	0,55-1,33
mediana	0,08	0,00	0,59	0,00	0,06	0,83
I.Int	0,07	0,07	0,31			0,52
Umbu						
min-máx	0,20-0,40	nd	0,47-0,70	0,19-0,30	nd	0,92-1,20
mediana	0,33	0,00	0,55	0,20	0,00	1,05
I.Int	0,15		0,14	0,16		0,19

- EPD= espermidina, EPM= espermina, PUT= putrescina, TIM= tiramina, CAD= cadaverina. I.Int = intervalo interquartil, Kruskall Wallis.

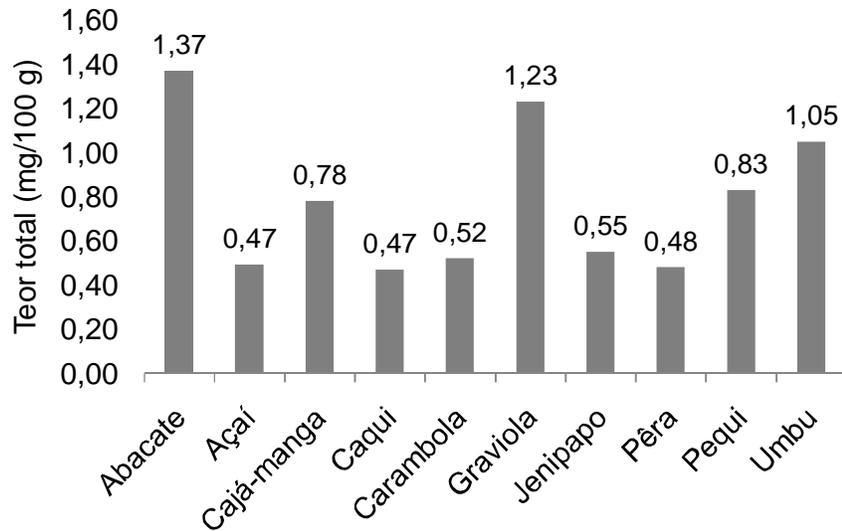


Figura 9. Teores totais medianos das aminas bioativas nas frutas analisadas.

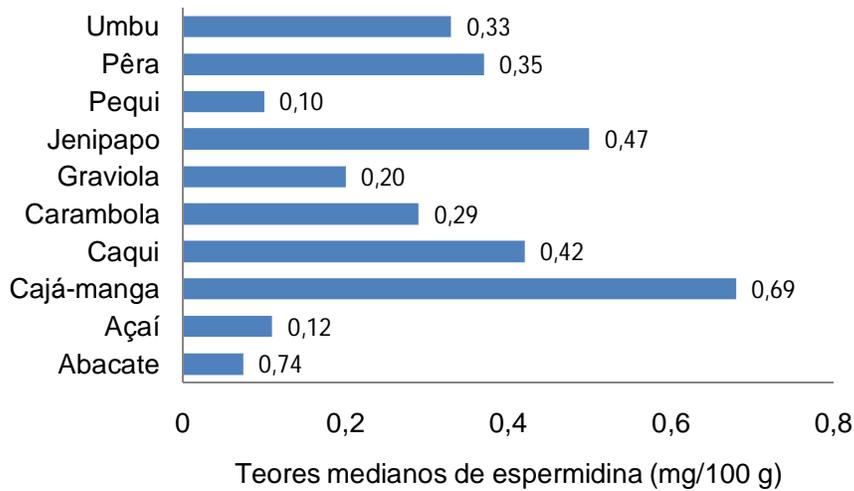


Figura 10. Teores medianos de espermidina nas diferentes frutas analisadas.

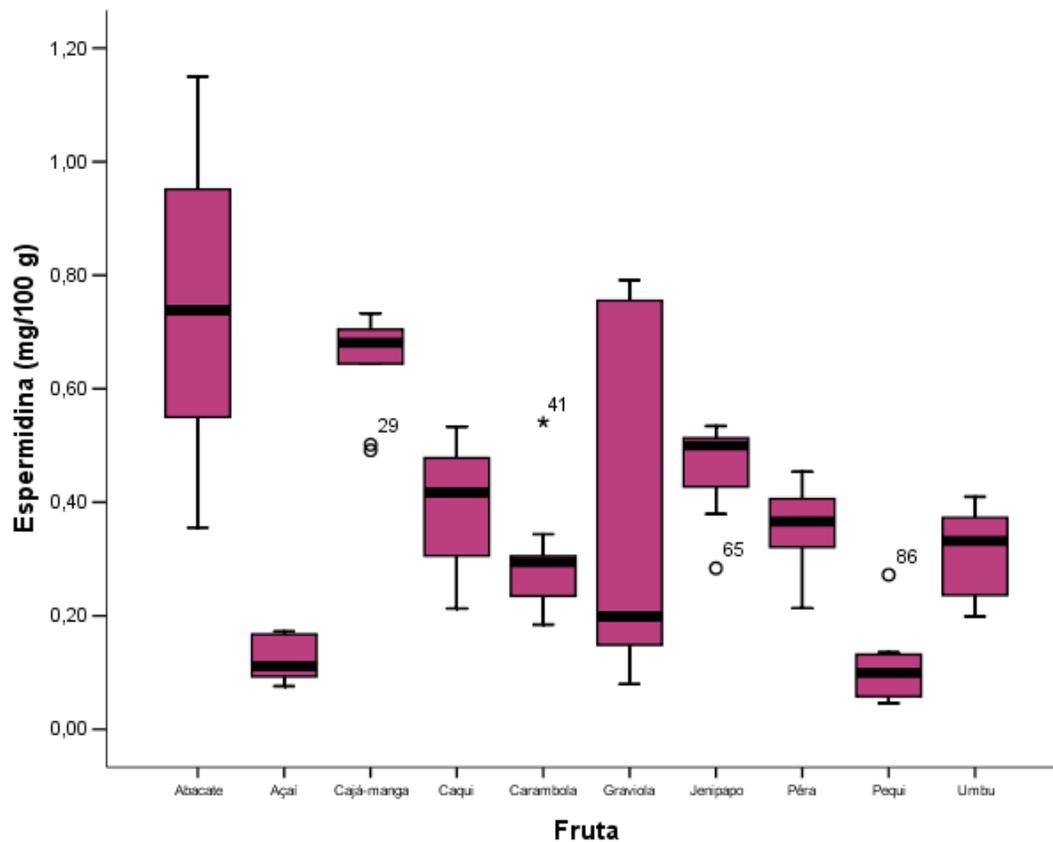


Figura 11. Box-plot dos teores de espermidina nas frutas analisadas.

Comparando estes resultados com a literatura (SILVA, 2004), a maioria das frutas apresentaram teores de espermidina menores que o encontrado em maracujá (3,05 mg/100 g), que seria a fruta mais rica desta amina. Por outro lado, os teores encontrados são similares aos descritos por SILVA (2004) para as frutas pesquisadas (teores médios de 0,21 a 0,70 mg/100 g) seriam fontes médias da poliamina espermidina. O pequi e o açaí seriam pobres fontes da espermidina por apresentarem teores inferiores comparado as frutas analisadas neste estudo e no de SILVA (2004).

3.2. TEORES DE ESPERMINA NAS DIFERENTES FRUTAS

Os teores de espermina nas diferentes frutas estão apresentados na Figura 12. Como dito anteriormente a espermina não foi detectada em cajá-manga, jenipapo, pêra e umbu. Por outro lado, apesar da espermina ter sido detectada em algumas amostras de caqui e pequi, a mediana dos teores para estas frutas foi de 0,00 mg/100 g. O açaí

foi a fruta com uma maior mediana de espermina ($>0,20$ mg/100 g), seguido do abacate (entre 0,10 e 0,20 mg/100 g), da graviola (entre 0,05 e 0,10 mg/100 g) e da carambola (entre 0,01 e 0,05 mg/100 g). Os teores de espermina nestas amostras foram inferiores aos encontrados para o maracujá (SILVA, 2004).

As variabilidades entre os teores de espermina estão indicados na Figura 13. foram maiores para estas mesmas frutas, ou seja, abacate, açaí e graviola. Os outliers presentes no gráfico mostram valores de espermina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada para o caqui e para a graviola.

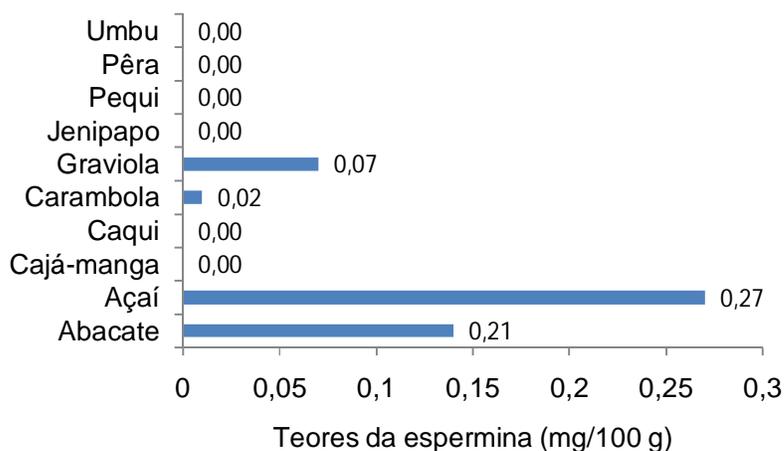


Figura 12. Teores medianos de espermina nas diferentes frutas analisadas.

As variabilidades entre os teores de espermina estão indicados na Figura 13. Observa-se maiores variações para o abacate, açaí e graviola. Os outliers presentes no gráfico mostram valores de espermina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada para o caqui e para a graviola.

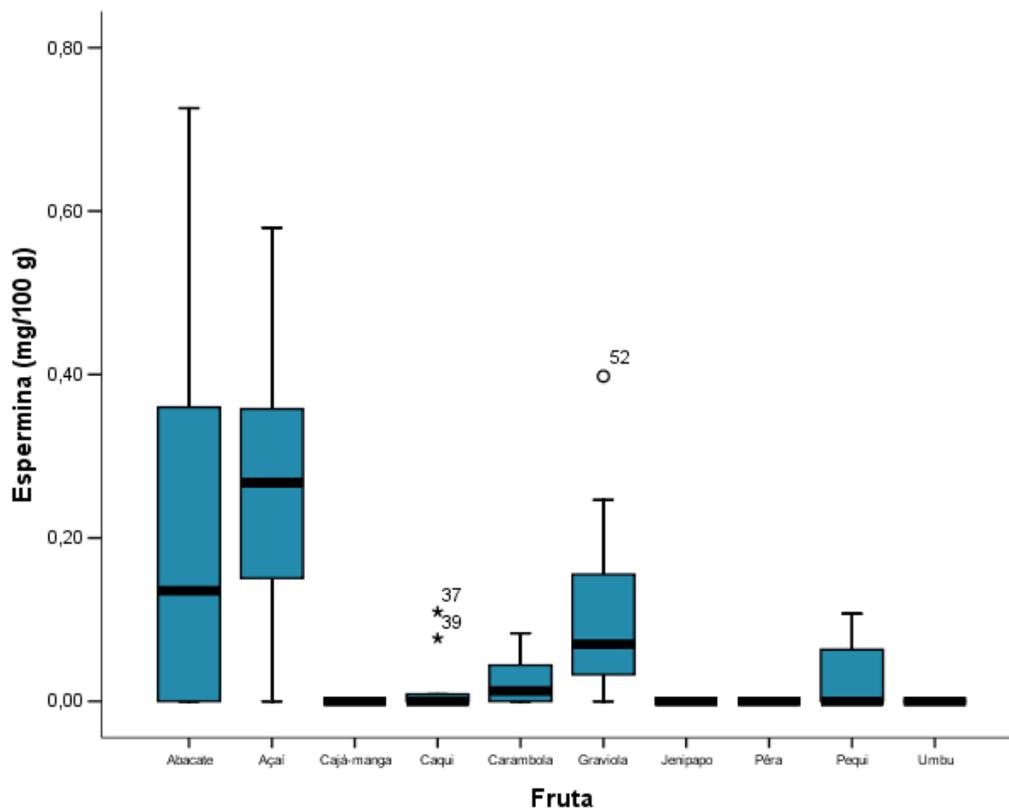


Figura 13. Box-plot dos teores de espermina encontrados nas frutas analisadas.

3.3. TEORES DE PUTRESCINA NAS DIFERENTES FRUTAS

O açaí foi a única fruta na qual não foi detectada a presença de putrescina. A putrescina foi detectada em teores medianos mais elevados no pequi e no umbu, com teores de aproximadamente 0,5 mg/100 g. No abacate e na graviola os teores medianos foram de cerca de 0,3 mg/100 g e nas demais frutas. NISHIMURA et al. (2006) não identificaram putrescina em amostras de abacate, encontrando somente espermidina e espermina. Nas demais frutas, os teores medianos de putrescina estiveram na faixa de 0,04 a 0,15. A presença de putrescina nas amostras analisadas pode ter ocorrido devido a diferentes tipos de estresse sofrido pela fruta durante produção, colheita, transporte e manuseio (KALAC & KRAUSOVÁ, 2005). Os teores de putrescina nestas amostras foram similares a dados da literatura para pêra (KALAC & KRAUSOVÁ, 2005; NISHIMURA et al., 2006).

A variabilidade nos teores de putrescina para a mesma fruta foi maior para abacate, graviola, jenipapo e pequi. Os outliers presentes no gráfico mostram valores

de putrescina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada, sendo estes observados para o pequi, carambola e caqui.

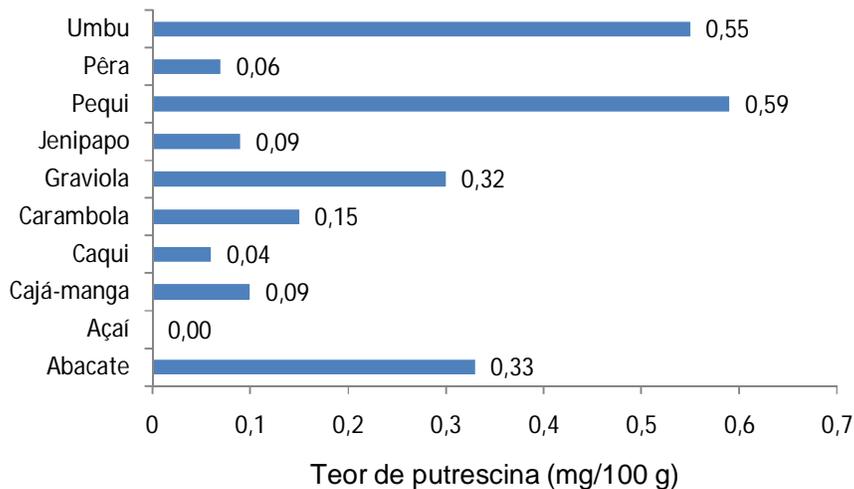


Figura 14. Teores medianos de putrescina nas diferentes frutas analisadas.

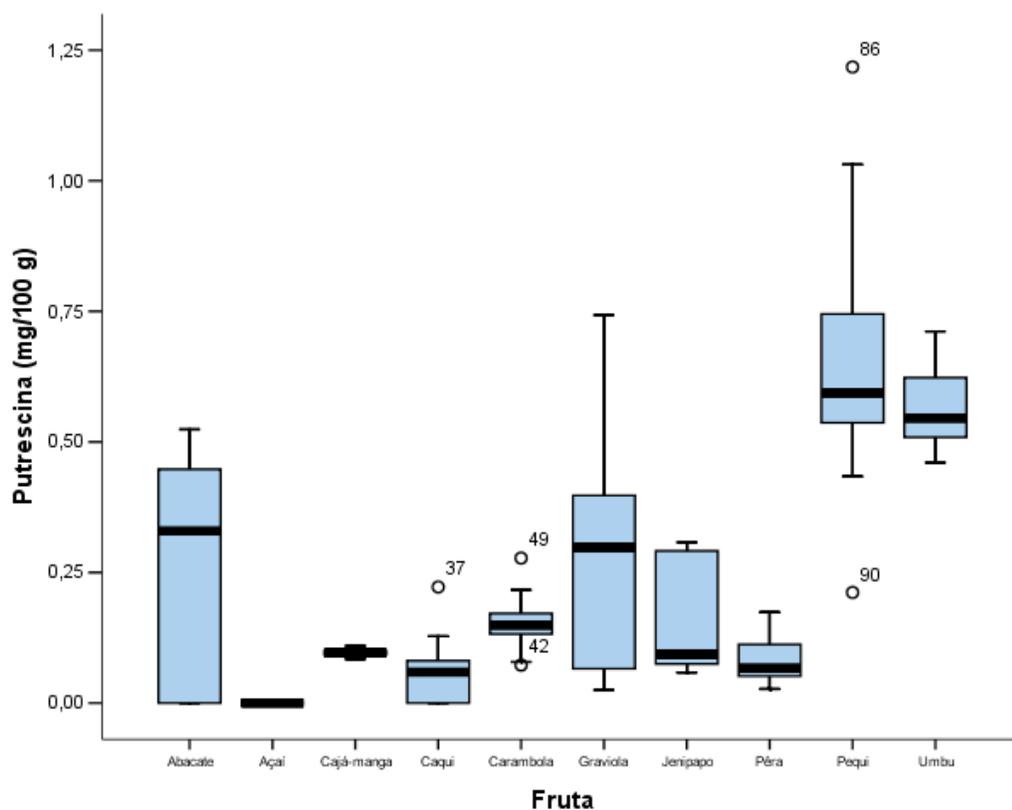


Figura 15. Box-plot do teor de putrescina nas frutas analisadas.

3.4. TEORES DE TIRAMINA NAS DIFERENTES FRUTAS

Na maioria das frutas não foi encontrada a tiramina, como indicado na figura 16. A graviola e o umbu apresentaram os maiores teores (0,25 a 0,20 mg/100 g), enquanto no abacate, o teor encontrado foi de 0,02 mg/100 g. Na figura 17 está apresentada a variabilidade dos teores de tiramina nas amostras. Maior variação foi observada para a graviola, seguido pelo umbu. Os outliers presentes no gráfico mostram valores de tiramina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada para o abacate.

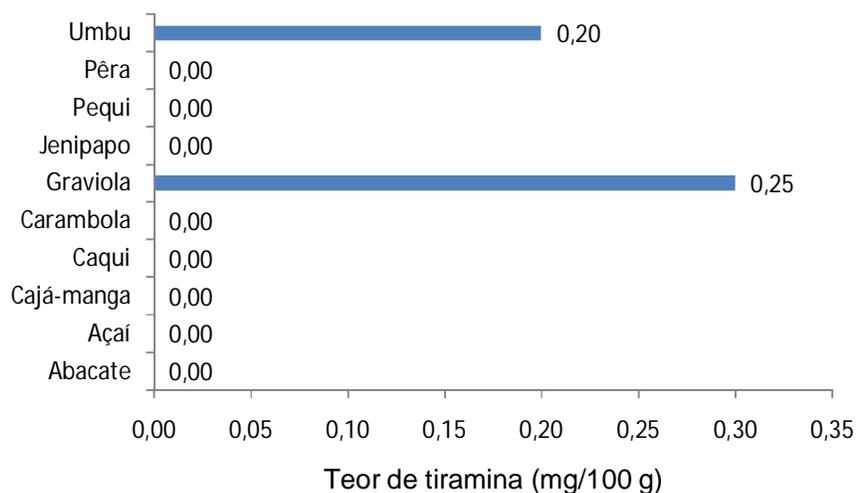


Figura 16. Teores medianos de tiramina nas diferentes frutas analisadas.

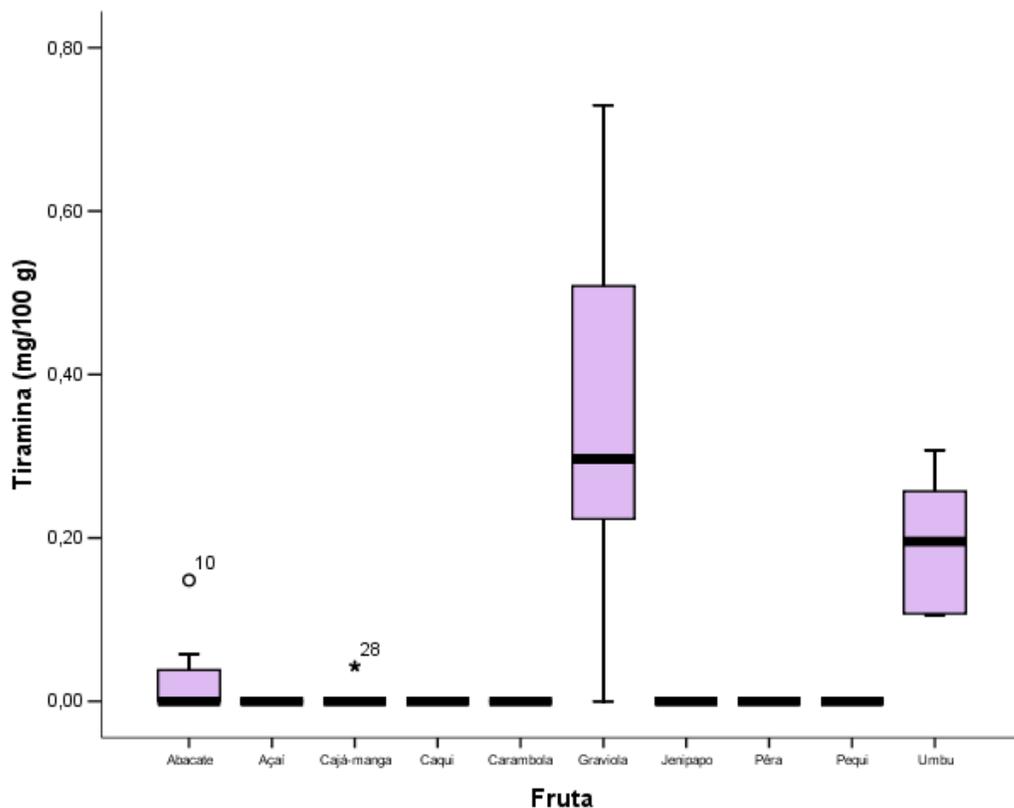


Figura 17. Box-plot do teor de tiramina nas frutas analisadas

3.5. TEORES DE CADAVERINA NAS DIFERENTES FRUTAS

Na maioria das frutas não foi encontrada a cadaverina, como indicado na figura 18. A graviola e o pequi apresentaram os maiores teores medianos (0,05 a 0,06 mg/100 g). Na figura 19 está apresentada a variabilidade dos teores de cadaverina nas amostras. Maior variação foi observada para a graviola, seguido pelo umbu. Os outliers presentes no gráfico mostram valores de cadaverina fora do padrão entre os lotes da mesma fruta analisada para o açaí.

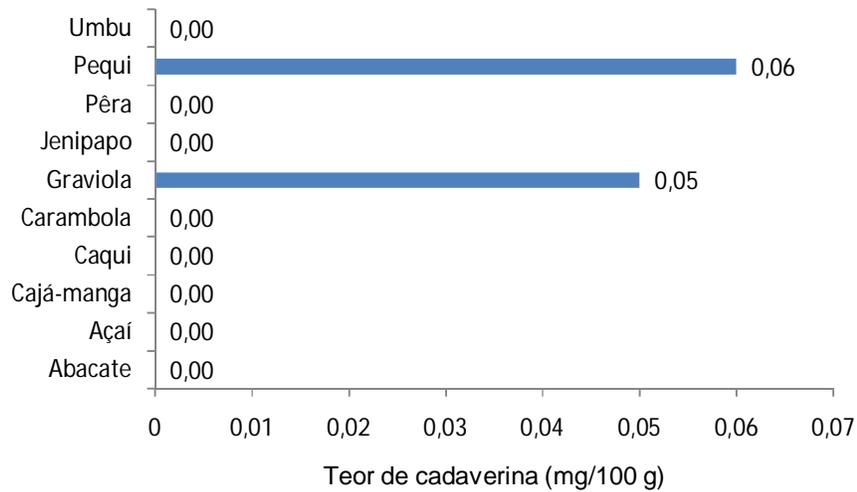


Figura 18. Teores medianos de cadaverina nas diferentes frutas analisadas.

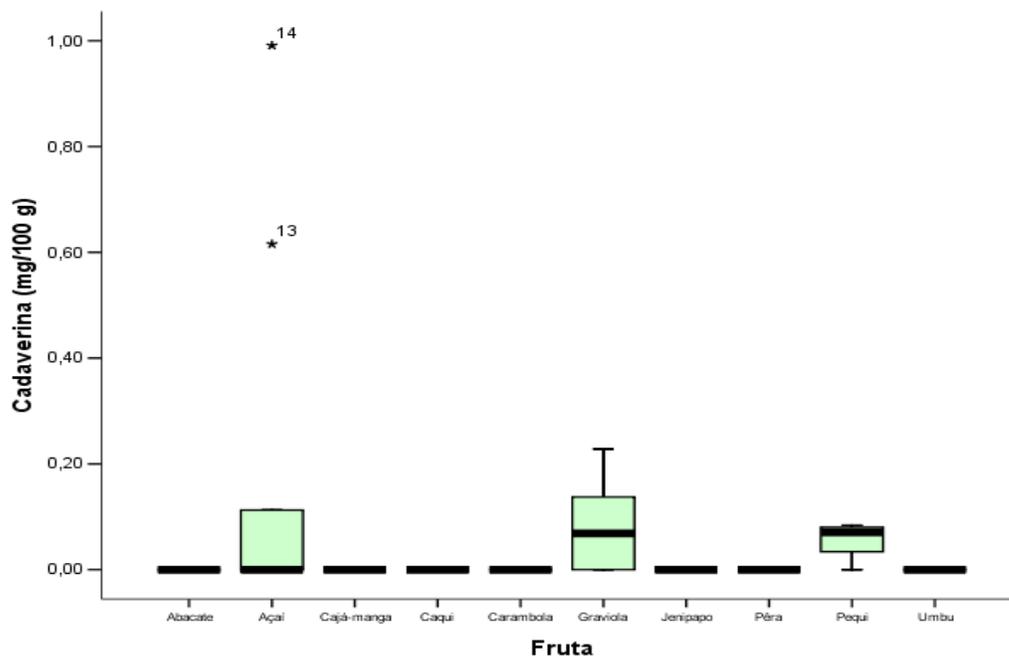


Figura 19. Box-plot dos teores de cadaverina nas frutas analisadas.

4. CARACTERÍSTICAS DE CADA FRUTA COM RELAÇÃO AO PERFIL E TEORES DE AMINAS BIOATIVAS

Na Figura 20 estão apresentados os perfis de aminos nas diferentes frutas analisadas. O abacate se caracterizou pela presença de espermidina, espermina,

putrescina e tiramina. A espermidina foi a amina presente em maior concentração seguida da putrescina e da espermina. A tiramina estava presente em apenas algumas amostras e em baixos teores.

No açaí foram encontradas as aminas espermidina, espermina e cadaverina, entretanto a cadaverina estava presente em apenas algumas das amostras e a mediana dos teores foi 0,0 mg/100 g. Espermina foi a amina presente em maior concentração seguido da espermidina.

No cajá-manga foram detectadas apenas a espermidina e a putrescina em todas as amostras. A espermidina foi a amina predominante e a putrescina estava presente em baixas concentrações. Não foi detectada nenhuma amina biogênica.

No caqui foram encontradas três aminas. A Espermidina foi a amina predominante e a espermina e a putrescina apareceram em algumas amostras em baixos teores.

A carambola apresentou três aminas, a espermidina e a putrescina estavam presentes em todas as amostras da fruta, a espermidina foi a amina predominante seguida da putrescina. A espermina foi detectada em 80% das amostras e os teores medianos foram baixos.

Dentre as frutas analisadas, a graviola foi a que apresentou uma maior diversidade de aminas – cinco aminas foram encontradas. A putrescina foi a amina predominante seguida da tiramina e da espermidina. Espermina e cadaverina também estavam presentes em baixos teores. Apenas a espermina não foi encontrada em todas as amostras.

O jenipapo e a pêra apresentaram perfil e teores de aminas similares. A espermidina foi a amina predominante, seguida da putrescina.

O pequi apresentou quatro aminas, sendo a putrescina predominante seguida da espermidina e da cadaverina. Cadaverina e espermina também foram detectadas em algumas amostras.

O umbu apresentou três aminas sendo a putrescina a predominante, seguida da espermidina e da tiramina em todas as amostras da fruta.

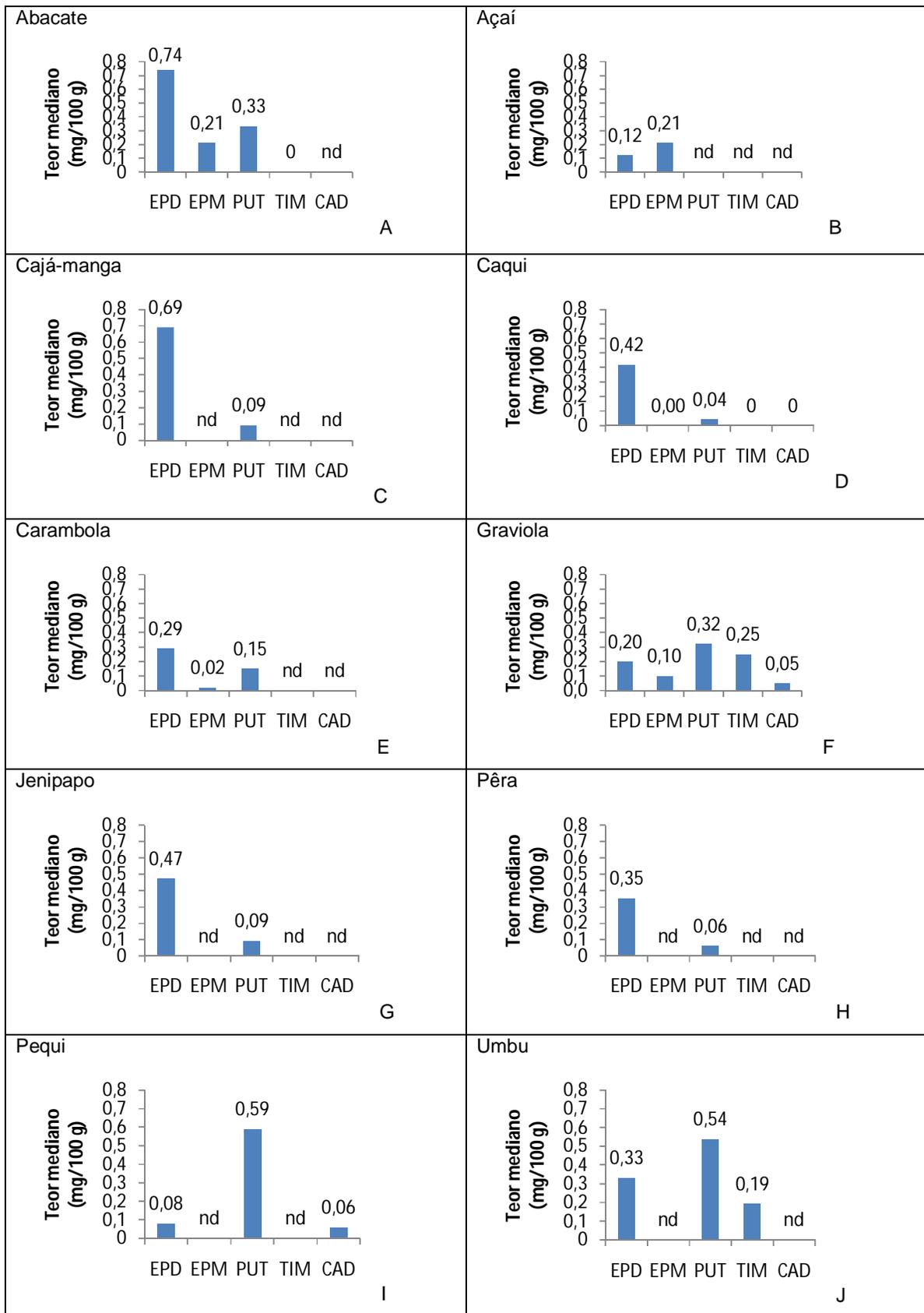


Figura 20. Teores de aminas bioativas nas frutas abacate (A), açaí (B), cajá-manga (C), caqui (D), carambola (E), graviola (F), jenipapo (G), pêra (H), pequi (I) e umbu (J).

Desta forma observou-se grande diversidade das amostras com relação ao perfil e teores de aminos bioativas. Mesmo o umbu e o cajá-manga, que pertencem a mesma família botânica – Anacardiaceae, apresentaram perfil bem diferenciado de aminos como descrito abaixo.

4.1. CAJÁ-MANGA E UMBU: FRUTAS DA FAMÍLIA ANACARDIACEAE

Geralmente, as frutas que pertencem à mesma família botânica, podem possuir teores e perfis de aminos bioativas próximos, podendo servir como indicadores quimiotaxonômicos (SILVA, 2004). De todas as frutas analisadas, as que pertencem a mesma família botânica são cajá-manga e umbu. Entretanto, apenas a espermidina e putrescina foram encontradas no cajá-manga; mas, além destas aminos, tiramina também foi encontrada no umbu (Figuras 21 e 22).

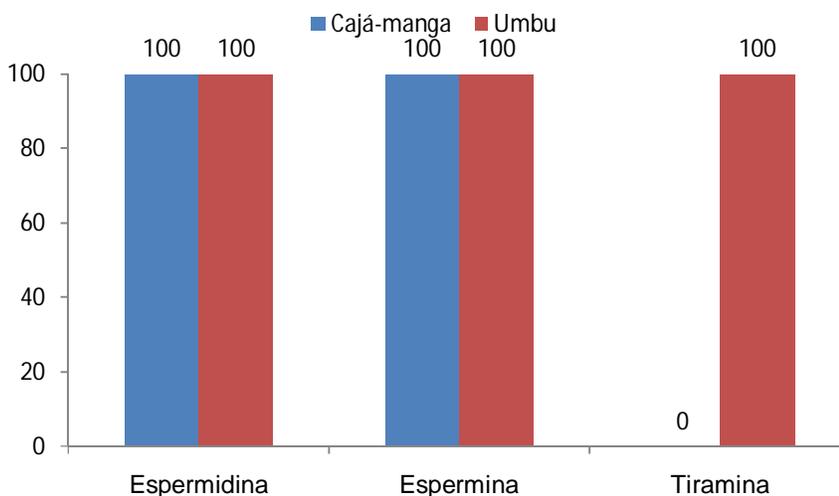


Figura 21. Percentual de ocorrência de aminos bioativas em cajá-manga e umbu.

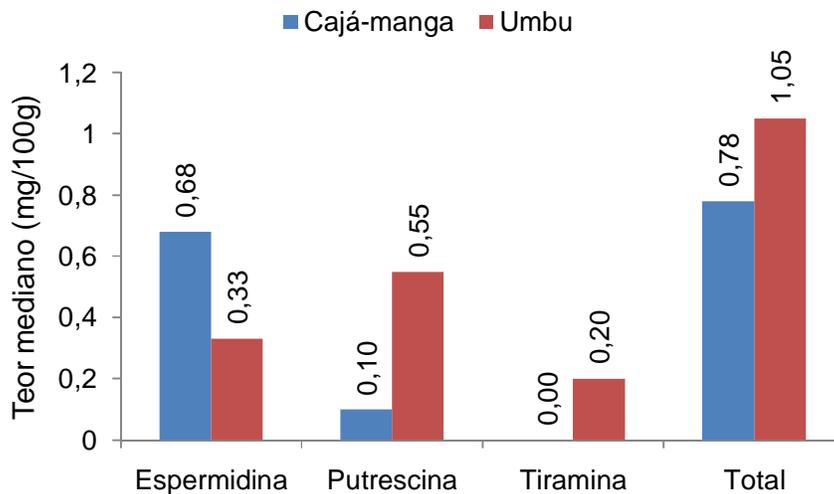


Figura 22. Teores de aminos bioativas em cajá-manga e umbu.

Com relação aos teores de aminos encontrados nestas frutas, estes foram diferentes. Desta forma, apesar de pertencerem a mesma familia botanica, não houveram similaridades entre as especies umbu e caja-manga.

5. AMINAS EM FRUTAS E SAÚDE

Baseado no perfil e nos teores de aminos encontrados nas frutas analisadas, algumas propriedades funcionais podem ser atribuidas a estas frutas. As frutas que se destacaram como fontes de poliaminas foram o abacate (0,95 mg/100 g), seguido do caja-manga (0,69 mg/100 g). O pequi, por sua vez, destacou-se como a menor fonte de poliaminas (0,08 mg/100 g), sendo as demais frutas fontes intermediarias. De acordo com a literatura, as poliaminas espermidina e espermina presentes nas frutas atuam como importantes antioxidantes biológicos (LØVAAS, 1997), sendo esta ação correlacionada com a quantidade de aminogrupos, aumentando da espermidina para a espermina (SILLA-SANTOS, 1996; MENDONÇA, 2009). Desta forma, as frutas que são fontes significativas das poliaminas podem atuar como importantes antioxidantes (MENDONÇA, 2009) na dieta. Interessante observar que o açai, apesar de ter teor intermediario das poliaminas, possui a espermina como poliamina predominante. Desta forma, o potencial antioxidante do açai pode ser comparado aos frutos abacate e cajá-manga pelo fato da espermina ter um maior potencial antioxidante comparado a espermidina (MENDONÇA, 2009).

As poliaminas também atuam como fatores de crescimento sendo as frutas ricas nestas substâncias importantes no crescimento e na manutenção da saúde, entretanto, no caso do indivíduo ter câncer, os fatores de crescimento devem ser retirados da dieta, e, desta forma, as frutas ricas em poliaminas devem ser evitadas (CIPOLLA et al., 2010)

Outra amina encontrada nas frutas e que pode causar efeitos adversos à saúde humana seria a tiramina. Esta foi detectada em três das frutas analisadas – abacate, graviola e umbu. Desta frutas, o abacate foi fonte esporádica e quase que insignificante. Entretanto, a graviola e o umbu poderiam ser fontes relevantes. Uma vez que a tiramina pode causar efeito vasoconstritores, o consumo deste frutos podem induzir a ocorrência de enxaqueca. Indivíduos em tratamento com medicamentos inibidores da monoaminoxidase (IMAO), como os antidepressivos, o antituberculose devem evitar o consumo desta frutas pois pode ocorrer crise hipertensiva (SHALABY, 1996; GLORIA, 2005).

6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS FRUTAS

Os resultados obtidos para as frutas em relação aos parâmetros físico-químicos estão apresentados na Tabela 7, com exceção do açaí, para o qual a quantidade de amostra não foi suficiente para as análises. As características físico químicas das frutas são importantes, pois estão relacionadas com a qualidade dos frutos (CANUTO et al., 2010).

Tabela 7. Parâmetros físico-químicos – pH, teores de sólidos solúveis e acidez total das frutas analisadas

Fruta	pH	°Brix	Acidez total mg/100 g ácido cítrico
Abacate			
min-máx	6,31-6,70	7,0-16,0	0,08-0,14
média	6,61 ^a	10,72 ^{cd}	0,10 ^c
D.P.	0,18	3,36	0,23
Cajá-manga			
min-máx	2,86-3,01	9,8-18,2	0,79-0,90
média	3,01 ^e	16,16 ^{ab}	0,82 ^{bc}
D.P.	0,08	3,60	0,43
Caqui			
min-máx	5,52-5,77	17,0-19,0	0,13-0,30*
média	5,67 ^b	17,96 ^a	0,19 ^c
D.P.	0,09	0,79	0,63
Carambola			
min-máx	3,75-4,45	7,8-9,4	0,30-0,53
média	4,14 ^{cd}	8,44 ^d	0,37 ^c
D.P.	0,25	0,71	0,99
Graviola			
min-máx	3,72-4,44	11,8-17,0	0,63-0,97
média	4,08 ^d	14,76 ^{ab}	0,77 ^{bc}
D.P.	0,30	2,23	0,11
Jenipapo			
min-máx	3,12-3,56	1,2-1,4	1,02-3,39
média	3,36 ^e	1,72 ^e	2,30 ^a
D.P.	0,20	0,46	1,13
Pêra			
min-máx	4,22-4,46	12,2-15,4	0,14-0,33
média	4,53 ^c	13,32 ^{bc}	0,26 ^c
D.P.	0,14	1,26	0,69
Pequi			
min-máx	4,33-4,73	0,8-1,0	0,42-1,00
média	4,42 ^{cd}	0,92 ^e	0,71 ^{bc}
D.P.	0,18	0,10	0,25
Umbu			
min-máx	2,03-2,36	9,2-10,4	0,92-1,65
média	2,21 ^f	9,92 ^{cd}	1,37 ^b
D.P.	0,16	0,58	0,34

*mg/100 g de ácido málico, D.P. desvio padrão. Letras iguais em uma mesma coluna indicam que as médias não diferem entre si (Teste de Tukey, p<0,05)

6.1 pH

O pH (Figura 23) foi o parâmetro físico-químico de análise que menos sofreu variações entre as amostras da mesma fruta, como mostrado no gráfico do box-plot.

De acordo com a Figura 24, observa-se que o abacate e o caqui foram as frutas que apresentaram os valores mais elevados de pH, acima de 5,0. O abacate, caqui e pêra foram estatisticamente maiores do que as outras frutas ($p < 0,05$). Valores intermediários de pH, entre 3,0 e 5,0, foram encontrados para carambola, graviola, jenipapo, pêra e pequi. Cajá-manga e umbu foram as frutas mais ácidas identificadas, com pH médio de 3,01 e 2,21, respectivamente.

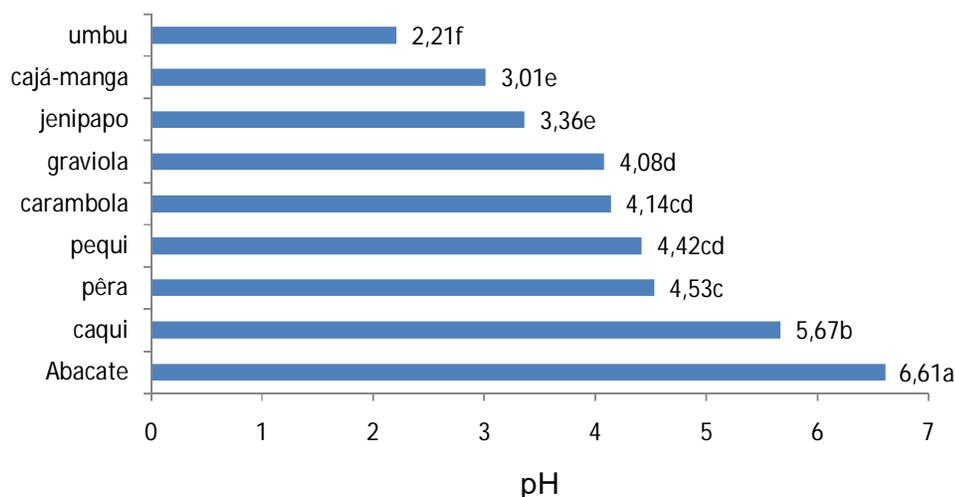


Figura 23. pH de algumas frutas comercializadas em Belo Horizonte, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

6.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS

Os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) encontrados nas frutas analisadas estão indicados na Figura 24. Caqui obteve teores de sólidos solúveis estatisticamente maior do que as demais frutas, sendo os menores teores entre pequi e jenipapo os quais não diferiram entre si.

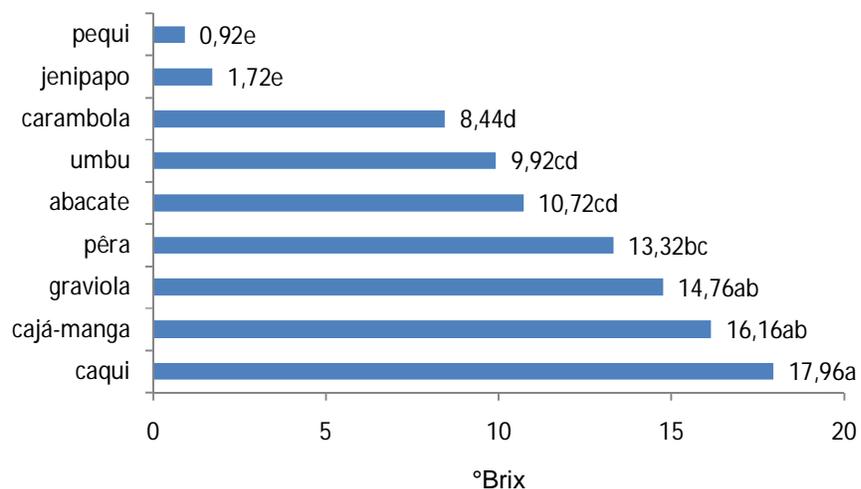


Figura 24. Sólidos solúveis de algumas frutas comercializadas em Belo Horizonte, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

6.3. ACIDEZ TOTAL

O jenipapo foi a fruta com maior acidez titulável (Figura 25), sendo que os que apresentaram os maiores valores médios foram jenipapo e umbu; e os menores foram encontrados na carambola, pêra, caqui e abacate os quais não diferiram entre si.

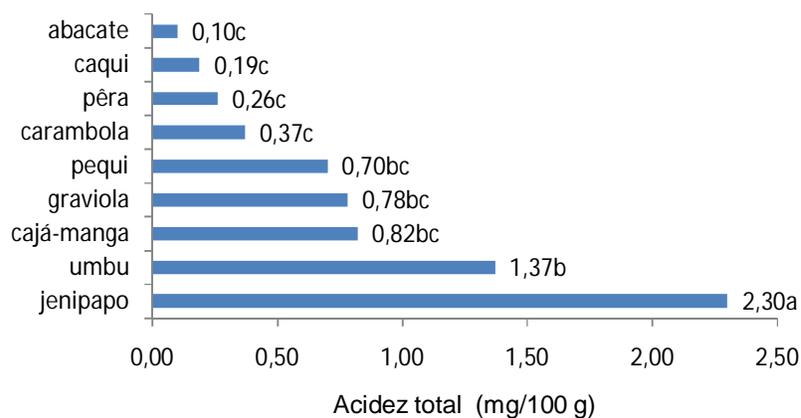


Figura 25. Acidez total de algumas frutas comercializadas em Belo Horizonte, MG, no período de março de 2010 a janeiro de 2011. Letras iguais não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

De um modo geral, os resultados obtidos neste estudo com relação aos parâmetros físico-químicos estudados, são semelhantes aos obtidos por SACRAMENTO et al. (2003) para graviola; por BISPO (1989) e DIAS et al. (2008) para o umbu; e por FIGUEIREDO et al. (1986) para o jenipapo.

7 CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMINAS BIOATIVAS NAS FRUTAS ANALISADAS

As correlações significativas encontradas entre os parâmetros físico-químicos e os teores de aminos para as frutas analisadas estão apresentadas na Tabela 8. Observa-se que houve correlação significativa entre alguns parâmetros físico-químicos e entre as aminos para a maioria das frutas, exceto para o abacate, que foi a única fruta que não apresentou correlação significativa ($p < 0,05$).

O pH correlacionou de forma significativa com a putrescina para as frutas cajá-manga, carambola, jenipapo e em pêra, sendo a correlação negativa para o cajá-manga e positiva para as demais. O pH correlacionou com a espermidina em carambola e graviola de forma negativa, e em jenipapo de forma positiva.

Com relação aos teores de sólidos solúveis, foi observada correlação para três aminos – espermidina, putrescina e cadaverina. A correlação foi positiva entre °Brix e espermidina para o caqui; e entre °Brix e putrescina para o pequi. Para graviola e para a pêra, houve correlação negativa entre °Brix e putrescina. No caso do pequi, houve correlação positiva entre °Brix e cadaverina.

A acidez foi o parâmetro físico-químico avaliado que mais apresentou correlação com as aminos. Correlação acidez – espermidina foi observada para o pequi; acidez – espermidina para a graviola, pêra e umbu; acidez – putrescina houve correlação negativa para a carambola e o umbu; e acidez – tiramina para o umbu.

Uma análise por tipo de fruta indicou que, para o cajá-manga, quanto menor o pH, maior o teor de putrescina. Para o caqui, quanto maior os teores de sólidos solúveis, maior o teor de espermidina. No caso da carambola, quanto maior o pH, menor o teor de espermidina e maior o de putrescina, e quanto menor a acidez, maior o teor de putrescina. Para a graviola, quanto menor o pH, maior foi a concentração de espermidina; quanto maior os sólidos solúveis, menor a concentração de putrescina e

quanto maior a acidez, maior o teor de espermidina. Para o jenipapo, quanto maior o valor de pH, maiores as concentrações de putrescina e espermidina. Para a pêra, quanto maior a concentração de putrescina, menor foi o teor de sólidos solúveis e maior o pH. Ainda para a pêra, quanto maior a acidez, maior foi o teor de espermidina. No pequi, quanto maior o teor de sólidos solúveis, maior o teor de putrescina e de cadaverina. Ainda, quanto maior a acidez, maior foi o teor de espermina. No caso do umbu, quanto maior a acidez, maior foi o teor de espermidina e tiramina e menor foi o teor de putrescina

Tabela 8 Correlações significativas entre características físico-químicas e aminas bioativas nas frutas analisadas

Correlações	Frutas / Coeficiente de correlação*							
	Cajá-manga	Caqui	Carambola	Graviola	Jenipapo	Pêra	Pequi	Umbu
pH-PUT	-0,768		0,754		0,975	0,683		
pH-EPD			-0,602	-0,979	0,975			
°Brix-EPD		0,673						
°Brix-PUT				-0,678		-0,946	0,866	
°Brix-CAD							0,866	
Acidez-EPM							0,874	
Acidez-EPD				0,936		0,661		0,976
Acidez-PUT			-0,648					-0,624
Acidez-TIM								0,818

* Teste de Correlação de Spearman ($p < 0,05$). EPD= espemidina, EPM= espermina, PUT= putrescina, TIM= tiramina, CAD= cadaverina.

De um modo geral, teoricamente os frutos mais verdes teriam menor pH e menor teor de sólidos solúveis e maior acidez, e apresentariam um maior teor de poliaminas e menor teor de putrescina; por outro lado, os frutos mais maduros, teriam menor acidez e maiores pH e teores de sólidos solúveis; e teriam também menor teores de poliaminas e maiores teores de putrescina e cadaverina, o que denotaria um início de senescência (GLORIA, 2005). Entretanto este comportamento não foi observado para todas as frutas e o comportamento diferente observado pode estar relacionado com as diferenças inerentes às características de cada fruta. Novos estudos, levando-se em

consideração um maior número de amostras, são necessários para correlacionar as amins com as características físico-químicas nas frutas.

A amina biogênica tiramina apresentou correlação significativa no umbu em relação a acidez. Como a presença desta amina é indesejável para a saúde humana, estudos poderiam ser realizados para minimizar a ocorrência desta amina na fruta.

CONCLUSÕES

Dentre as dez aminas pesquisadas, foram encontradas nas frutas as poliaminas espermidina e espermina e as aminas biogênicas putrescina, tiramina e cadaverina.

A espermidina foi a amina predominante nas frutas analisadas, seguida da putrescina, espermina, tiramina e cadaverina.

Uma maior diversidade de aminas (cinco) foi encontrado na graviola. Quatro aminas ocorreram no pequi e abacate; três aminas no açaí, carambola; e duas no cajá-manga e na pêra.

Os teores totais de aminas variaram entre as frutas, sendo os maiores encontrados no abacate, graviola e umbu. As frutas abacate, cajá-manga e açaí se destacaram quanto aos teores de poliaminas. Por outro lado o pequi apresentou os menores teores.

A presença de tiramina em teores razoáveis foi observada em todas as amostras de graviola e umbu. Estas frutas devem ser evitadas por indivíduos em tratamento com medicamentos inibidores de mono aminoxidase.

As frutas analisadas apresentaram características físico-químicas distintas, entretanto características das respectivas espécies.

Correlações significativas foram encontradas entre as características físico-químicas e as aminas para a maioria das frutas, exceto para o abacate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of Prata Banana (*Musa acuminata* X *Musa Balbisiana*). **Food Chem.**, v. 90, n. 4, p. 705-711, 2005.
- AGOSTINI-COSTA, T.; VIEIRA R. F. **Frutas nativas do cerrado**: qualidade nutricional e sabor peculiar. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/biotecnologia/index.html&conteudo=../biotecnologia/artigos/frutasnativas.html>>
- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado**: ecologia e caracterização. Brasília: Embrapa, 2004.
- ALI, M. A. et al. Polyamines: total daily intake in adolescents compared to the intake estimated from the Swedish Nutrition Recommendations Objectified (SNO). **Food Nutric. Res.**, v. 55, p. 5455-5462, 2011.
- ANDRIGUETO, J. R.; NASSER, L. C. B.; TEIXEIRA, J. M. A. **Produção integrada de frutas**: conceito histórico e a evolução para o sistema agropecuário de produção integrada. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2010.
- BACHRACH, U. Naturally occurring polyamines: interaction with macromolecules. **Curr. Protein. Pept. Sci.**, v. 6, p. 559-566, 2005.
- BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Frutas**: a caminho de um grande mercado. Salvador: CER, 1996.
- BARDÓCZ, S. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 6, p. 341-346, 1995.
- BARDÓCZ, S. The role of dietary polyamines. **Eur. J. Clin. Nutr.**, v. 47, p. 683-690, 1993b.
- BARDÓCZ, S.; GRANT, G.; BROWN, D. S.; RALPH, A.; PUSZTAI, A. Polyamines in food - implications for growth and health. **J. Nutr. Biochem.**, v. 4, p. 66-70, 1993a.
- BARDÓCZ, S.; WHITE, A.; GRANT, G.; BROWN, D. S.; DUGUID, T.J.; PUSZTAI, A. Uptake and bioavailability of dietary polyamines. **Biochem. Soc. Trans.**, v. 24, n. 2, p. 226, 1996.
- BISPO, E. S. *Estudos de produtos industrializáveis do umbu (Spondias tuberosa)*. Fortaleza: Centro de Ciências Agrárias, Unidade Federal do Ceará, 1989. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).

- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 76, de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 nov. 1986. seção 1, pt. 2.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Produção integrada no Brasil: produção integrada de frutas e sistema agropecuário de produção integrada no Brasil*. Brasília: MAPA, 2009. 1008p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: MS, 2005. 236p. (Série A - Normas e Manuais Técnicos).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. **VIGITEL Brasil 2009: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.
- BRAZILIAN FRUIT. **A fruticultura no Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org>>. Acessado em: 13 de abril de 2011.
- BRONDÍZIO, E. S.; SAFAR, C. A. M.; SIQUEIRA, A. The urban market of açai fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) and rural land use change: Ethnographic insights into the role of price and land tenure constraining agricultural choices in the Amazon estuary. **Urb. Ecosyst.**, v. 6, p. 67–97, 2003.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal**, v. 32, p. 1196-1205, 2010.
- CASTAÑOLA, D. J.; MAGARIÑOS, M.; ORTIZ, S. Patrón de ingesta de vegetales y frutas en adolescentes en el área metropolitana de Buenos Aires. **Arch. Argent. Pediatr.**, v. 102, p. 265-270, 2004.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- CIPOLLA, B. G.; HAVOUIIS, R., MOULINOX, J. P. Polyamine reduced diet (PRD) nutrition therapy in hormone refractory prostate cancer patients. **Biom. Pharm.** v. 64, p. 363-368, 2010.
- COELHO, A. F. S.; GOMES, E. P.; SOUSA, A. P.; GLÓRIA, M. B. A. Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. **J. Sci. Food Agric.**, v. 85, p. 1026-1032, 2005.
- COHEN, S. S. **Introduction to the polyamines**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971.
- COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Ed.). **Alimentos funcionais**. Viçosa, UFV, 2006.

- COUTTS, R. T.; BAKER, G. B.; PASUTTO, G. M. Foodstuffs as sources of psychoactive amines and their precursors: content, significance and identification. **Adv. Drug Res.**, v. 15, p. 169-232, 1986.
- DEACON, W.; MARSH JR, H. V. Properties of enzyme from bananas (*Musa sapientum*) which hydroxylates tyramine to dopamine. **Phytochem.**, v. 10, p. 2915-2924, 1971.
- DELOYER, P.; PEULEN, O.; DANDRIFOSSE, G. Dietary polyamines and no neoplastic growth and disease. **Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.**, v. 13, p. 1027-1032, 2001.
- ELIASSEN, K. A.; REISTAD, R.; RISOEN, U.; RONNING, H. F. Dietary polyamines. **Food Chem.**, v. 78, p. 273-280, 2002.
- FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. *Fruticultura: fundamentos e práticas*. Embrapa Clima Temperado, 2009. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *FAOSTAT – Statistical databases: agriculture*. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>.
- FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MONTEIRO, J. C. Características físicas e químicas do jenipapo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.21, n. 4, p. 421-428, 1986.
- FLORES, H. E.; PROTACIO, C. M.; SIGNS, M. W. Primary and secondary metabolism of polyamines in plants. **Phytochem.**, v. 23, p. 329-393, 1989.
- FLORES, H. E. Polyamines and plant stress. In: ALSCHER, R. G.; CUMMING, J. R. **Stress responses in plants**. New York: Wiley-Liss, 1991. p. 217-239.
- GARCIA, C.; MARINÉ, A. Contenido de serotonina em alimentos frescos y elaborados. **Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.**, v. 23, p. 60-70, 1983.
- GARCIA-FAROLDI, G.; SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, F.; FAJARDO, I. The polyamine and histamine metabolic interplay in câncer and chronic inflammation. **Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care**, v. 12, p. 59-65, 2009.
- GLÓRIA, M. B. A. Bioactive Amines. In: HUI, H.; NOLLET, L.L. *Handbook of food Science, Technology and Engineering*. New York: Marcel Dekker, 2005.
- GLÓRIA, M. B. A.; VIEIRA, S. M. Technological and toxicological significance of bioactive amines in grapes and wines. **Food**, v. 1, p. 258-270, 2007.
- GUGLIUCCI, A. Polyamines as clinical laboratory tools. **Clin. Chim. Acta**, v. 344, p. 23-35, 2004.

- GUGLIUCCI, A.; MENINI, T. The polyamines spermine and spermidine protect proteins from structural and functional damage by AGE precursors: a new role for old molecules? *Life Sci.*, v. 23, p. 2603-2616, 2003.
- HALÁSZ, A.; BARÁTH, A.; SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci. Technol.*, v. 5, p. 42-49, 1994.
- HOET, P. H.; NEMERY, B. Polyamines in the lung: polyamine uptake and polyamine-like pathological or toxicological conditions. *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.*, v. 278, p. 417-433, 2000.
- HORNERO-MÉNDEZ, D.; GARRIDO-FERNANDEZ, A. Biogenic amines in table olives. Analysis by high-performance liquid chromatography. *Analyst*, v. 119, n. 9, p. 2037-2041, 1994.
- IAL (Instituto Adolf Lutz). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: IAL, 2004
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Nomenclatura dos alimentos consumidos no Brasil: Parte 1 – Vegetais*. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 130 p.
- IBRAF (Instituto Brasileiro de Frutas). *Estatísticas*. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 17 mar. 2011.
- INSFRAN, D. D. P.; BRENES, C. H.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.). *J. Agric. Food Chem.*, v. 52, p. 1539-1545, 2004.
- JAIME, P. C.; MONTEIRO, C. A. Fruit and vegetable intake by Brazilian adults, 2003. *Cad. Saúde Pública*, v. 21, p. 19-24, 2005.
- JOOSTEN, H. M. L. J. The biogenic amine contents of Dutch cheese and their toxicological significance. *Neth. Milk Dairy J.*, v. 42, p. 25-42, 1988.
- KALAC, P.; KRAUSOVÁ, P. A. A review of dietary polyamines: formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chem.*, v. 90, p. 219-230, 2005.
- KUMAR, A.; ALTABELLA, T.; TAYLOR, M. A.; TIBURCIO, A. F. Recent advances in polyamine research. *Trends Plant Sci.*, v. 2, p. 1360-1385, 1997.
- LARQUÉ, E.; SABATER-MOLINA, M.; ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyamines. *Nutrit.*, v. 23, p. 87-95, 2007.
- LAVON, O.; LURIE, Y.; BENTUR, Y. Scombroid fish poisoning in Israel, 2005-2007. *IMAJ* v. 10, p. 689-792, 2008.
- LIMA, G. P. P.; PIZA, I. M. T.; MOSCA, J. L.; LACERDA, S. A.; GIANNONI, J. A.

- Poliaminas exógenas como anti-senescentes durante maturação de bananas (Musa AAA Cavendish cv Nanica). *Rev. Fac. Agron.* v. 20, p. 87-96, 2003.
- LIMA, A. S.; GLÓRIA, M. B. A. Aminas bioativas em alimentos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 33, p. 70-79, 1999.
- LINDEMOSE, S.; NIESEN, P. E.; MOLLEGARD, N. E. Polyamines preferentially interact with bent adenine tracts in double-stranded DNA. *Nucleic. Acids Res.*, v. 33, p. 1790-1803, 2005.
- LÖSER, C. Polyamines in human and animal milk. *Br. J. Nutr.*, v.84, p. 55-58, 2000.
- LØVAAS, E. Antioxidative and metal chelating effects of polyamines. *Adv. Pharmacol.*, v. 38, p. 119-149, 1997
- MAINTZ, L.; SCHWARZER, V.; BIEBER, T.; VAN DER VEN, K.; NOVAK, N. Effects of histamine and diamine oxidase activities on pregnancy: a critical review. *Hum. Reprod. Update*, v. 14, p. 485-495, 2008.
- MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; SERRANO, M.; RIQUELME, F. Effects of postharvest putrescine and calcium treatments on reducing mechanical damage and polyamines and abscisic acid levels during lemon storage. *J. Sci. Food Agric.*, v. 79, p. 1589-1595, 1999.
- MARTON, L. J.; PEGG, A. E. Polyamines as targets for therapeutic intervention. *Annu. Ver. Pharmacol. Toxicol.*, v.35, p.55-91,1995.
- MEDINA, M. A.; URDIALES, C. R.; RORÍGUEZ-CASO, C.; RAMIREZ, F. J.; SANCHÉZJIMÉNEZ, F. Biogenic amines and polyamines: similar biochemistry for different physiological missions and biochemical applications. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, v. 38, p. 23-59, 2003.
- MENDONÇA, A. C. Atividade antioxidante de poliaminas e comparação com produtos naturais e sintéticos. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 2009, 86p. (Dissertação, mestrado em ciência de alimentos).
- MOINARD, C.; CYNOBER, L.; BANDT, J. P. Polyamines: metabolism and implications in human diseases. *Clin. Nutr.*, v. 24, p. 184 -197, 2005.
- MORET, S.; SMELA, D.; POPULIN, T.; CONTE, L. S. A survey on free biogenic amine content of fresh and preserved vegetables. *Food Chem.*, v. 89, p. 355-361, 2005.
- MORILLA, A.; GARCIA, J. M.; ALBI, M. A. Free polyamine contents and decarboxylase activities during tomato development and ripening. *J. Agric. Food Chem.*, v. 44, p. 2608-2611, 1996.
- NAGATSU, T. Application of high-performance liquid chromatography to the study of biogenic amine-related enzymes. *J. Chromatogr.*, v. 566, p. 287-307, 1991.

- NISHIMURA, K.; SHIINA, R.; KASHIWAGI, K.; IGARASHI, K. Decrease on polyamines with aging aht their ingestion from food and drink. *J. Biochem.*, v. 139, p. 81-90, 2006.
- NOUT, M. J. R.; RUIKES, M. M. W.; BOUWMEESTER, M. Effect of processing conditions on the formation of biogenic amines and ethyl carbamate in soybean temp. *J. Food. Saf.*, v. 13, p. 293-303, 1993.
- OKAMOTO, A.; SUGI, E.; KOIZUMI, Y.; YANAGIDA, F.; UDAKA, S. Polyamine content of ordinary foodstuffs and various fermented foods. *Biosci. Biotecnol. Biochem.*, v. 61, p. 1582-1584, 1997.
- OLIVEIRA, B. R. B.; MORAES, W. F. A.; KOVACS, E. P.; LUCIAN, R. Processo de informações de estratégias internacionais na fruticultura brasileira: uma abordagem integrada. *Cad. EBAPE.BR*, v. 7, n. 2, p. ?, 2009.
- PEGG A, E.; FEITH, D. J. Polyamines and neoplastic growth. *Biochem. Soc. Trans.*, v. 35, p. 295–299, 2007.
- PORTES, L. Corrida à prateleira. *Frutas Deriv.*, v. 4, n. 12, p. 27-29, 2009.
- QUEMENER, V.; BLANCHARD, Y.; CHAMAILLARD, L.; HAVOURS, R.; CIPOLLA, B.; MOULINOX, J. Polyamine deprivation: a new tool in cancer treatment. *Anticancer Res.*, v. 14, p. 443-448, 1994.
- RICE, S. L.; EITENMILLER, R. R.; KOEHLER, P. E. Biologically active amines in food: a review. *J. Milk Food Technol.*, v. 39, p. 353-358, 1976.
- RIGON, L. *Anuário brasileiro de fruticultura*. Santa Cruz: Gazeta, 2005.
- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRACO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUZA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividades antioxidantes de frutas do cerrado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.
- ROGEZ, H. *Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação*. Belém: EDUFPA, 2000. 313p.
- SACRAMENTO, C. K.; FARIA, J. C.; CRUZ, F. L.; BARRETO, W. S.; GASPAR, J. W.; LEITE, J. B. V. Caracterização física e química de frutos de três tipos de graviola (*Annona Muricata* L.) *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*, v. 25, p. 329-331, 2003.
- SALGADO, J. M.; BIN, C.; MANSI, D. N.; SOUZA, A. Efeito do abacate (*Persea americana* Mill) variedade hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 28, n. 4, p. 922-928, 2008.
- SANTIAGO-SILVA, P.; LABANCA, R. A.; GLÓRIA, M. B. A. Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. *Food Res. Int.* in press, 2010.

- SHALABY, A. R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. **Food Res. Int.**, v. 29, p. 675-690, 1996.
- SILLA-SANTOS, M. H. Biogenic amines: their importance in foods. **Int. J. Food Microbiol.**, v. 29, p. 213-231, 1996.
- SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. *Frutas do cerrado*. Brasília: Embrapa, 2001. 179p.
- SILVA, P. S. **Aminas bioativas e características físico-químicas em frutas**. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 2004. 82p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SIMON-SARKADI, L.; HOLZAPFEL, W. H. Determination of biogenic amines in leafy vegetables by amino acid analyser. **Z. Lebensm. Unters. Forsch.**, v. 198, p. 230-233, 1994.
- SMITH, T. A. Amines in food. **Food Chem.**, v. 6, p. 169-200, 1980-1981
- SMITH, T. A. Putrescine and inorganic ions. **Rec. Adv. Phytochem.**, v. 18, p. 46-54, 1984.
- SMITH, T. K. Effect of dietary putrescine on whole body growth and polyamine metabolism. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, v. 194, p. 332-336, 1990.
- STARLING, M. F. V. **Perfil e teores de aminas biogênicas em algumas hortaliças**. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG, 1998.72p. (Dissertação, Mestrado em Ciência de Alimentos).
- SUMNER, S. S.; ROCHE, F.; TAYLOR, S. L. Factors controlling histamine production in Swiss cheese inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **J. Dairy Sci.**, v. 73, p. 3050-3058, 1990.
- TABOR, C. W.; TABOR, H. Polyamines. **Ann. Rev. Biochem.**, v. 53, p. 749-790, 1984.
- TACO - *Tabela brasileira de composição de alimentos*. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2006. 113 p.
- TAYLOR, S. L.; HUI, J. Y.; LYONS, D. E. Toxicology of scombroid poisoning. In: RAGELIS, E. P. **Seafood Toxins**. Washington: American Chemical Society, 1984. p. 417-429.
- VALERO, D.; MATÍNEZ-ROMERO, D.; SERRANO, M. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 13, p. 228-234, 2002.
- WALLACE, H. M. Polyamines and their role in human disease - an introduction. **Biochem. Soc. Trans.**, v. 31, p. 324-325, 2003.

WHO. ***Baixo consumo de frutas e verduras aumenta o risco de cardiopatias, alguns tipos de câncer e obesidade.*** Genebra, 2002. Disponível em: <<http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/releases/pr84/en/>>