

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

**ÍNDICES FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS
DE FRUTOS DE CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal)
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

MOACIR COUTO DE ANDRADE JÚNIOR

**MANAUS
2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

MOACIR COUTO DE ANDRADE JÚNIOR

**ÍNDICES FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS
DE FRUTOS DE CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal)
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jerusa de Souza Andrade

**MANAUS
2006**

MOACIR COUTO DE ANDRADE JÚNIOR

**ÍNDICES FÍSICO-QUÍMICOS E TOXICOLÓGICOS
DE FRUTOS DE CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal)
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovado em 30 de maio de 2006.

BANCA EXAMINADORA

**Prof.ª. Dr.ª. Jerusa de Souza Andrade
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA**

**Prof.ª. Dr.ª. Ila Maria de Aguiar Oliveira
Universidade Federal do Amazonas – UFAM**

**Prof. Dr. José Francisco de Carvalho Gonçalves
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA**

**Aos meus Pais,
Moacir Couto de Andrade,
Graciema Britto de Andrade e
Maria Costa Corrêa,
pelo apoio permanente,
incondicional, inexprimível.
Às minhas irmãs e esposos,
pelo auxílio nos momentos-chave.**

AGRADECIMENTOS

Ao Nosso Senhor Jesus Cristo (Deus feito Homem), e à Sua Mãe Maria, Nossa Senhora, cujos respectivos Títulos Divinos (Nosso Senhor do Bom Fim, e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Nossa Senhora dos Remédios...), demonstram, per se, a sua importância essencial em nosso dia-a-dia.

Às Professoras Doutoras Ila Maria de Aguiar Oliveira e Maria Rosa Lozano Borrás, cujas sabedorias e excelentes conselhos guiaram-me, de maneira brilhante, ao longo de todo este curso.

Ao Professor Doutor Danilo Fernandes da Silva Filho, pelo fornecimento cordial dos frutos.

Ao Professor Doutor José Francisco de Carvalho Gonçalves, cuja maturidade acadêmica e despojamento camarada (inclinação para esclarecer as minhas dificuldades em sua área), elevaram a qualidade final do meu trabalho e encorajaram-me a persistir nesse caminho.

Às Professoras Doutoras Helyde Albuquerque Marinho e Noemia Kazue Ishikawa, pela participação na Banca Examinadora.

À Professora Doutora Suely Costa e à Estatística Silvana da Silva Morais, pelo auxílio competente e didático no processamento dos dados.

Ao Engenheiro Jackson Dinajar Saraiva Feijó, pelo auxílio abnegado ao longo de todo este trabalho.

À Engenheira, Arquiteta Lúcia Regina de Andrade Feijó, pelo auxílio permanente e incansável.

A todo o Pessoal da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos (CPTA), do INPA, cuja acolhida amistosa diária tornou a carga das jornadas de trabalho mais amenas e mais agradáveis.

Aos Funcionários da Biblioteca do INPA, pelo auxílio cordial na documentação do presente trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa para a realização do presente curso.

“...plantas medicinaes da Amazonia e em particular do Estado do Amazonas [...] Importaria agora estudar, de um modo metódico e scientifico, a maioria dessas plantas.”

Dr. Alfredo Augusto da Matta (1913)

RESUMO

O cúbio¹ (*Solanum sessiliflorum* Dunal) é um fruto com elevado potencial agroindustrial devido à sua alta produtividade anual e características nutricionais (alto teor em fibras dietéticas). Além disso, as fibras estão contidas nos alimentos vegetais e têm funções preventivas de doenças crônico-degenerativas, a exemplo do diabetes *mellitus* e (ou) das dislipidemias, o que as situa na categoria de alimentos funcionais ou nutraceuticos. Não obstante, se, por um lado, algum conhecimento acerca do ciclo de vida do cúbio já foi desvendado (sobretudo no estágio de fruto maduro), assim como de sua utilidade na produção de diversos gêneros alimentícios (bebidas, geléias), por outro lado, há precariedade nos conhecimentos científicos relativos tanto à sua maturação fisiológica pré- e pós-colheita, quanto ao seu potencial toxicológico (produção de glicoalcalóides). Deste modo, neste trabalho pretendeu-se, primeiramente, verificar outros estádios de maturação viáveis do cúbio e, com isso, aumentar o seu potencial de utilização alimentar, com base em parâmetros abióticos (temperatura), na aparência (coloração em especial) dos frutos, em índices físicos de maturação (peso do fruto, diâmetros), e na manutenção, ou não, de seu frescor, utilizando frutos verdes provenientes da área de plantio da Estação Experimental de Olericultura Tropical (EEOT) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, AM, Brasil, com características geológicas de terra firme. Uma segunda etapa experimental foi constituída de análises físico-químicas: umidade, pH, acidez titulável, sólidos solúveis (°Brix), relação Brix/acidez, carotenóides totais, açúcares redutores e não-redutores, lipídios, proteínas, cinza, fibras totais, sólidos insolúveis em álcool e pectina, com frutos oriundos de outra área de plantio situada no Ariáú, município de Iranduba, AM, Brasil, pertencente ao INPA e com características geológicas de várzea. Objetivou-se, então, verificar as mudanças dos índices físico-químicos de maturação de quatro estádios dos frutos colhidos (verde, de vez, maduro e muito maduro). Considerando que a textura dos frutos é grandemente influenciada pela atividade das enzimas pectinolíticas pectinesterases (EC 3.1.1.11) e poligalacturonases (EC 3.2.1.15), sobre os constituintes da parede celular – substâncias pecticas, como a pectina – sua análise constituiu uma parcela de grande interesse no presente trabalho. Enfim, uma análise qualitativa preliminar do teor de alcalóides totais nos diferentes estádios de maturação do cúbio serviu para melhor avaliar a relação risco/benefício de seu consumo diário. Os modelos de análise de regressão foram padronizados para 95% de confiança ou $P(0,05)$. O formato predominante do cúbio foi cordiforme (1,2), mostrando-se um fruto resistente em atmosfera ambiente sem fatores estressantes no período pós-colheita, dado ter perdido o frescor só no sexto dia e mudado de cor a partir do sétimo dia. O estágio de fruto verde não se mostrou, todavia, adequado para a colheita, demonstrando ser o cúbio um fruto inteiramente dependente da planta para o seu perfeito amadurecimento em atmosfera ambiente. O fruto maduro mostrou-se crítico na manutenção da umidade, considerando que a partir desse estágio a perda de água tornou-se evidente (91,72% no fruto maduro para 91,42% no fruto muito maduro). Todos os índices físico-químicos de sabor mostraram tratar-se de um fruto ácido com baixo grau de doçura. Os carotenóides totais alcançaram um valor máximo de 0,217 mg% no estágio de fruto muito maduro. Os açúcares redutores alcançaram o maior nível (2,91 g por 100 g) no estágio de vez, justificando a classificação do cúbio dentre os frutos hipocalóricos (açúcares ≤ 5 g por 100 g). As outras macromoléculas com valor

¹ Considerando que a grafia formal desse fruto reconhecida pela Academia Brasileira de Letras, é aquela supramencionada, respeitou-se, todavia, o regionalismo (cubiu) consagrado pelos pesquisadores do INPA, e incluído nas palavras-chave do presente trabalho.

energético, como os lipídios e proteínas, elevaram-se do fruto verde ao muito maduro, sem, no entanto, atingirem um valor dietético significativo ≥ 1 g por 100 g. Os sólidos solúveis em álcool mostraram os níveis mais elevados nos estádios de fruto verde e de vez (4,0 g por 100 g), com um perfil paralelo àquele da pectina, cujo nível máximo situou-se no fruto verde de 2,54 g por 100 g, diminuindo até o muito maduro (1,57 g por 100 g), correlacionando-se fortemente com a atividade da pectinesterase (100%) e com aquela da poligalacturonase (100%). O pico de atividade da pectinesterase situou-se no estádio de fruto de vez, ao passo que o pico da poligalacturonase situou-se no estádio de fruto muito maduro, assemelhando-se esse perfil de atividade enzimática àquele de outras solanáceas muito consumidas, como o pimentão (*Capsicum annum* L.). As análises qualitativas dos alcalóides totais, com solução de MAYER, mostraram a resposta maior (+++/3) no fruto verde do que em outros estádios, confirmando o consenso da literatura especializada, segundo o qual a maior produção de alcalóides se encontra nas partes imaturas da planta. Com esse conjunto de informações correlatas pretendeu-se fornecer as bases bioquímicas que caracterizam a maturação do cúbio e, por conseguinte, a sua qualidade pós-colheita, com a finalidade de aprimorar o seu aproveitamento alimentar.

Palavras-chave: cubiu, macronutrientes, pectina, pectinesterase, poligalacturonase, alcalóides

ABSTRACT

Cúbio² (*Solanum sessiliflorum* Dunal) is a fruit with high agroindustrial potential due to its elevated annual productivity and nutritional characteristics (high levels in dietary fibers). In addition, fibers are vegetable constituents with preventive functions of chronic-degenerative diseases, such as diabetes *mellitus* and (or) dislipidemias, what places fibers in the category of functional foods. Nevertheless, if, on one hand, some knowledge concerning the cycle of life of cúbio has already been unmasked (above all in the stage of ripe fruit), as well as its usefulness in the production of several nutritional goods (drinks, jellies), on the other hand, there is a lack of scientific knowledge related to its physiologic maturation, as well as to its toxicological potential (glycoalkaloid production). Hence, in this work, it was intended, primarily, to verifying other viable maturation stages of cúbio, and by this achievement, increase its potential use in alimentary purposes. The analysis consisted of abiotic parameters (temperature), the appearance (color in particular), as well as physical indexes of maturation (weight of the fruit, diameters), and the maintenance, or not, of its freshness, using green fruits of the Experimental Station of Tropical Olericulture (EEOT) of the National Institute of Researches of Amazônia (INPA), in Manaus (AM, Brazil), with geological characteristics of upland. A second experimental phase consisted of physicochemical analysis: moisture, pH, titrable acidity, soluble solids (°Brix), Brix/acidity ratio, total carotenoids, reducing and non-reducing sugars, lipids, proteins, ash, total fibers, alcohol insoluble solids and pectin; with fruits originating from another area of EEOT (Ariaú, in Iranduba, AM, Brazil), belonging to INPA, with geological characteristics of waterlogged soil. The main purpose was to verify the physicochemical changes of indexes of maturation of four stages of physiological maturation of the fruits (green, turning ripe, ripe and very ripe). Considering that the texture of the fruits is largely influenced by the activity of pectic enzymes pectinesterases (EC 3.1.1.11) and poligalacturonases (EC 3.2.1.15) on the compounds of the cellular wall – pectic substances, like pectin – the analysis of these substances constituted an important part of the present work. Finally, a qualitative preliminary analysis of the total alkaloids in different stages of maturation of cúbio was necessary to evaluate the risk/benefit ratio of its daily consumption. The analytical regression models were matched to 95% of confidence or P (0,05). The predominant shape of cúbio was cordiform (1.2), and it showed to be a resistant fruit in environmental atmosphere lacking of stressful factors, considering that it started losing its freshness in the sixth postharvest day, whereas it started changing color only from the seventh postharvest day. The stage of green fruit was not shown, though, to be adapted for harvesting, demonstrating that cúbio is a fruit entirely dependent of the plant for its perfect maturation environmental atmosphere. The ripe fruit was shown to be critical in the maintenance of the moisture, considering that from this stage on, the loss of water became evident (91.72% in the ripe fruit to 91.42% in the very ripe fruit). All the physicochemical indexes of flavor showed to be that of an acid fruit with low degree of sweetness. The total carotenoids reached a maximum value (0.217 mg %) in the stage of very ripe fruit. The reducing sugars reached their maximum level (2.91 g per 100 g) in the stage of the fruit turning ripe, justifying the classification of cúbio among low caloric fruits (sugars \leq 5 g per 100 g). The other macromolecules with energy value (lipids, proteins), rose their levels from the green stage to the very ripe stage of the fruit, without, however, achieving a significant dietary value (\geq 1 g

² Considering that the formal spelling of the fruit herein studied, and recognized by the Brazilian Academy of Letters, is that above mentioned, the regionalism (cubiú), consecrated by the researchers of INPA, was also considered and included in the key words of the present work.

per 100 g). The alcohol insoluble solids showed the highest levels in the stages of green and turning ripe fruits (4.0 g per 100 g), with a parallel profile to that of pectin, whose maximum level was reached in the green fruit (2.54 g per 100 g), decreasing until the very ripe stage of the fruit (1.57 g per 100 g), but being strongly correlated with the enzymatic activity of pectinesterase (100%) and with that of poligalacturonase (100%). The highest activity of pectinesterase situated in the turning ripe stage of the fruit, while the highest activity of poligalacturonase situated in the very ripe stage of the fruit; each one resembling the enzymatic profile of enzymatic activity of other very consumed fruits of the Solanaceae family, such as the sweet pepper (*Capsicum annum* L.). The qualitative analysis of the total alkaloids showed the higher answer (+++/3) to MAYER'S solution in the stage of green fruit, confirming the consent of the specialized literature, on the subject of which the largest production of alkaloids occurs in the immature parts of the plants. Bringing all this information together, it is possible to supply the biochemical basis that characterizes the maturation of cúbio and, consequently, its postharvest quality, turning its alimentary use more profitable.

Key words: cubiu, macronutrients, pectin, pectinesterase, polygalacturose, alkaloids

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição geográfica de 28 variedades de cúbio domesticadas na região amazônica	19
Figura 2. Exemplares de frutos maduros de cúbio procedentes de Manaus (AM).	22
Figura 3. Valores absolutos e percentuais da manutenção do frescor de frutos de cúbio 17 dias pós-colheita	29
Figura 4. Valores absolutos e percentuais da perda de peso de frutos de cúbio monitorados 17 dias pós-colheita	31
Figura 5. Associação entre os picos máximos de temperatura diários (31-30° C) e aqueles de frutos com perda de peso	31
Figura 6. Padronização biométrica dos formatos utilizados na caracterização dos frutos de cúbio (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal)	32
Figura 7. Valores absolutos e percentuais das mudanças de coloração de frutos de cúbio monitorados 17 dias pós-colheita	34
Figura 8. Descolamento axial da placenta 17 dias pós-colheita do cúbio	35
Figura 9. Padronização dos perfis de estádios de maturação do cúbio	47
Figura 10. Perfil do teor em umidade do cúbio em quatro estádios de maturação do fruto	51
Figura 11. Modelo de regressão linear da média da umidade	51
Figura 12. Perfil dos carotenóides totais em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio	52
Figura 13. Perfil das proteínas em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio	53
Figura 14. Perfil dos lipídios em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio	54
Figura 15. Modelo de regressão cúbica dos lipídios em quatro estádios de maturação do cúbio	54
Figura 16. Perfil de cinza em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio	55
Figura 17. Comportamento da acidez titulável e do pH em quatro estádios de maturação do cúbio	70
Figura 18. Evolução dos sólidos solúveis em quatro estádios de maturação do cúbio	71

Figura 19. Índices físico-químicos de sabor em quatro estádios de maturação do cúbio	72
Figura 20. Evolução dos açúcares em quatro estádios de maturação do cúbio ...	73
Figura 21. Diferentes tipos de pectinases e seu modo de ação sobre as substâncias pécticas	85
Figura 22. Perfil das fibras dietéticas em quatro estádios de maturação do cúbio	89
Figura 23. Perfil da atividade da pectinesterase total e da poligalacturonase total em quatro estádios de maturação do cúbio	91
Figura 24. Vias metabólicas dos glicoalcalóides	100
Figura 25. Presença abundante de alcalóides no estádio de fruto verde em resposta à solução de MAYER	105
Figura 26. Adequação de modelos de regressão aos teores de lipídios nos diferentes estádios de maturação do cúbio.	127
Figura 27. Curva simétrica representativa dos estádios de maturação do cúbio enquanto variáveis.	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Solanaceae: família botânica produtora da maior variedade de alcalóides e precursores (proto-alcalóides)	17
Tabela 2. Composição química das solanáceas mais consumidas em g por 100 g .	20
Tabela 3. Média histórica da temperatura em Manaus, AM (Brasil)	28
Tabela 4. Variação dos valores referentes ao formato de frutos de cúbio em 17 dias pós-colheita	32
Tabela 5. Fontes de provitamina A nas solanáceas mais consumidas no Brasil . .	45
Tabela 6. Análise estatística descritiva e de variabilidade de dados de maturação do cúbio	50
Tabela 7. Descrição estatística de índices físico-químicos de frutos de cúbio avaliados em quatro estádios de maturação	50
Tabela 8. Mudanças físico-químicas do cúbio armazenado em condições atmosféricas diferentes	65
Tabela 9. Exemplos do teor em sacarose de solanáceas populares	65
Tabela 10. Modelo linear de regressão múltipla relativo aos açúcares em quatro estádios de maturação do cúbio	69
Tabela 11. Características funcionais e físico-químicas da pectinesterase (PE) e da poligalacturonase (PG)	84
Tabela 12. Modelo de regressão múltipla correlacionando quatro estádios de maturação do cúbio e fibras (fibras totais, sólidos insolúveis em álcool e pectina)	89
Tabela 13. Modelo de regressão múltipla correlacionando a pectina e a atividade da pectinesterase total	90
Tabela 14. Modelo de regressão múltipla correlacionando a pectina e a atividade da poligalacturonase total	91
Tabela 15. Quantificação dos nutrientes do cúbio em diferentes estádios de maturação	104

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
1 MUDANÇAS DE ÍNDICES FÍSICOS E SENSORIAIS DO CÚBIO (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) EM FUNÇÃO DO PERÍODO PÓS-COLHEITA.....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1.1 Introdução.....	25
1.2 Material e métodos.....	26
1.3 Resultados e discussão.....	28
1.4 Conclusão.....	37
1.5 Referências.....	38
2 MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS DO CÚBIO (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	42
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	43
2.1 Introdução.....	44
2.2 Material e métodos.....	47
2.3 Resultados e discussão.....	49
2.4 Conclusão.....	56
2.5 Referências.....	57
3 MUDANÇAS DO CONTEÚDO DE ÁCIDOS E AÇÚCARES DO CÚBIO (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	61
RESUMO.....	61
ABSTRACT.....	62
3.1 Introdução.....	63
3.2 Material e métodos.....	65
3.3 Resultados e discussão.....	68
3.4 Conclusão.....	74
3.5 Referências.....	75
4 FIBRAS DIETÉTICAS E ENZIMAS PECTINOLÍTICAS DO CÚBIO (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE	

MATURAÇÃO	80
RESUMO	80
ABSTRACT	81
4.1 Introdução	82
4.2 Material e métodos	86
4.3 Resultados e discussão	88
4.4 Conclusão	92
4.5 Referências	93
5 NUTRIENTES E ANTINUTRIENTES DO CÚBIO (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO	97
RESUMO	97
ABSTRACT	98
5.1 Introdução	99
5.2 Material e métodos	101
5.3 Resultados e discussão	104
5.4 Conclusão	106
5.5 Referências	107
CONCLUSÃO GERAL	111
BIBLIOGRAFIA	112
APÊNDICE A – ADEQUAÇÃO DO MELHOR MODELO DE REGRESSÃO PARA A REPRESENTAÇÃO DOS LIPÍDIOS TOTAIS PRESENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DO CÚBIO.	127
APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE VARIÁVEIS.	128

Ficha catalográfica

A553 Andrade Júnior, Moacir Couto de
Índices físico-químicos e toxicológicos de frutos de
cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) em diferentes estádios
de maturação / Moacir Couto de Andrade Júnior. --
2006.
128 f. : il. (algumas color.).

Dissertação (mestrado)--Universidade Federal do
Amazonas, Manaus, 2006.

1. *Solanum sessiliflorum* 2. Cubiu - Físico-química I.
Título

CDD 19. ed. 664.8

INTRODUÇÃO GERAL

A região amazônica possui a maior biodiversidade do mundo, despertando interesse científico igualmente amplo (RIBEIRO et al, 1999). Sua diversidade vegetal também impressiona, estimando-se haver 200 espécies diferentes de árvores por hectare de floresta (NORONHA, 2003). A título de exemplo, a Reserva Florestal Ducke, pertencente ao INPA, tem uma área de 100 km², na qual já haviam sido identificadas 2.175 espécies de plantas vasculares em 1999, ou seja, 217 espécies diferentes de plantas vasculares por hectare, o que é muito representativo da região (RIBEIRO et al, 1999). Nessa mesma reserva florestal ainda foram encontrados e identificados quatro gêneros da família Solanaceae, cujas espécies são conhecidas pela grande importância alimentícia e toxicológica: *Solanum sessiliflorum* Dunal (cúbio), *Solanum tuberosum* L. (batata), *Capsicum annuum* L. (pimentão), *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate), *Nicotiana* L. (tabaco), dentre outras espécies consideradas tóxicas pelo seu alto teor em alcalóides (RIBEIRO et al, 1999). Na realidade, dentre as famílias de plantas superiores, a Solanaceae é aquela ligada à produção mais variada de alcalóides (**Tabela 1**); estes últimos pertencendo à vasta categoria de metabólitos secundários (KUTCHAN, 1995).

Tabela 1. Solanaceae: família botânica produtora da maior variedade de alcalóides e precursores (proto-alcalóides)

Precusores Biogênicos	Classes de Alcalóides	Referências
L-ornitina	Pirrolidínicos, Pirrolizidínicos, Tropânicos	ALSTON; TURNER, 1963 HENRIQUES et al., 2003
Ácido nicotínico	Piridínicos	
Colesterol	Esteroidais	ALSTON; TURNER, 1963 CHIESA; MOYNA, 2003

Dentre as espécies constituintes da família Solanaceae, o cúbio vem destacando-se na região amazônica devido ao seu elevado potencial agroindustrial, produzindo até 100 toneladas por hectare de frutos suculentos, ricos em fibras, sais minerais e vitaminas (REVILLA, 2001; SILVA FILHO et al, 1999, 2005). Entretanto, em meio às 60 hortaliças mais cultivadas na região Centro-Sul do Brasil, o cúbio ainda não se encontra dentre as seis espécies de Solanaceae mais consumidas, i.e., a batata (*S. tuberosum* L.), a *Solanum melongena* L. (berinjela), a *Solanum gilo* Raddi (jiló), a *Capsicum frutescens* L. (pimenta), o pimentão (*C. annuum* L.) e o tomate – *L. esculentum* Mill. (FILGUEIRA, 2003). Isto se deve, sobretudo, à escassez de estudos fundamentais, imediatamente aplicáveis à adequação do consumo seguro desse fruto.

À semelhança de outros arbustos frutíferos, as vantagens do consumo do cúbio foram progressivamente descobertas pelos ameríndios, os quais passaram a domesticá-lo durante séculos, até o presente (SIMPSON; OGROZALY, 1995; DIAMOND, 2002; SILVA FILHO, 2005). Mas de planta silvestre à planta domesticada – processo complexo que envolve a ação empírica humana –, o cúbio já alcançou a fase de planta cultivada, própria do domínio agrícola (CHAGNON et al., 1970; SIMPSON; OGROZALY, 1995; DIAMOND, 2002).

Na verdade, apenas a Comissão Internacional para a Nomenclatura de Plantas Cultivadas, da União Internacional de Ciências Biológicas, tem autoridade para alterar o Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas, devendo-se, primeiro, submeter qualquer proposta para emenda do Código à Secretaria da referida Comissão (RODRIGUES, 2003). Entretanto, no que tange ao cúbio, há, até o momento, 28 variedades (var.) – sinônimos de cultivares (cv) – detalhadamente estudadas por SILVA FILHO et al., (2005). Para solanáceas mais investigadas, como o tomate, existem cv registrados, com as seguintes grafias aceitáveis: *L. esculentum* Mill. cv ‘Vanessa’, ou tomate cv ‘Vanessa’ (AUERSWALD et al., 1999; RODRIGUES, 2003). Não há, tampouco, híbridos descritos para o cúbio.

Assim sendo, SILVA FILHO et al. (2005) estudaram 28 variedades de cúbio na região amazônica, as quais podem, com o auxílio das Etnociências, em especial da Etnobotânica, serem igualmente reconhecidas como cultivares, apenas seguindo as recomendações da Secretaria do Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (COTTON, 1996; RODRIGUES, 2003).

Na **Figura 1** encontra-se a distribuição geográfica enumerada em ordem crescente daquelas variedades de cúbio, correspondendo, respectivamente, às regiões de Benjamin Constant (AM), São Paulo de Olivença (AM), Barcelos (AM), São Gabriel da Cachoeira (AM), São Sebastião do Uatumã (AM), Apuí (AM), Humaitá (AM), Putumayo (Colômbia), Lábrea (AM), Iquitos (Peru), Tarapoto (Peru), Boca do Acre (AM), Santo Antônio do Içá (AM), Coari (AM), Barreirinha (AM), Eirunepé (AM), Manicoré (AM), Carauari (AM), Tefé (AM), Borba (AM), Novo Airão (AM), Canutama (AM), Autazes (AM), Jutai (AM), Ataláia do Norte (AM), Leticia (Colômbia), Yurimagua (Peru), Codajás (AM).

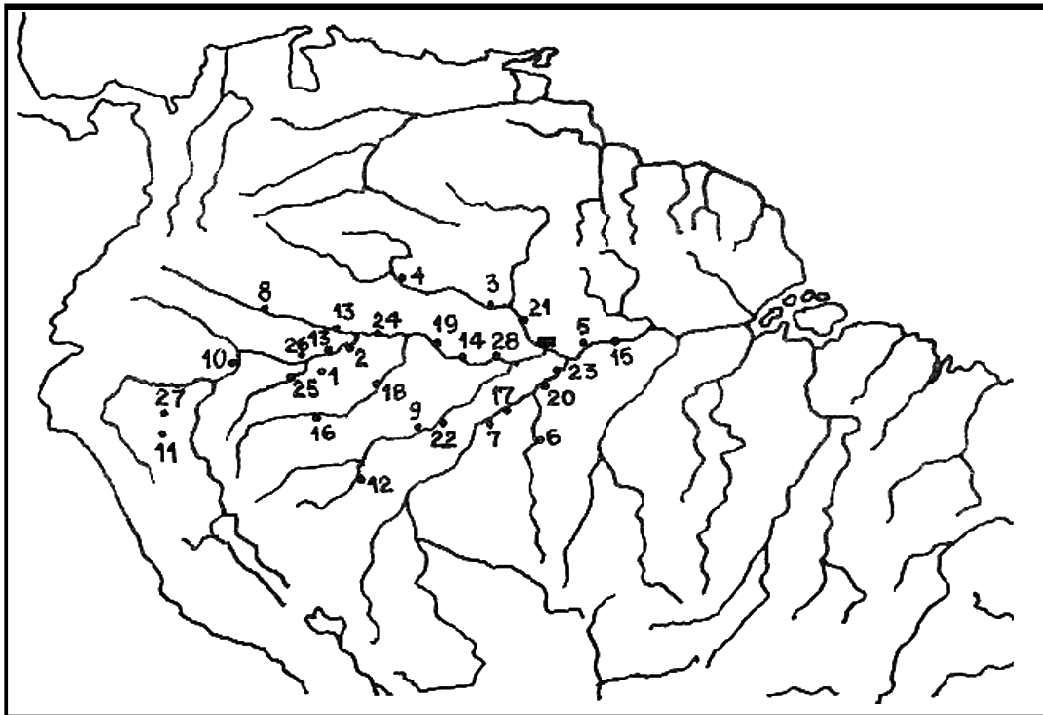


Figura 1. Distribuição geográfica de 28 variedades de cúbio domesticadas na região amazônica
FONTE: SILVA FILHO et al., (2005)

Fruto³, em geral, constitui uma estrutura viva composta de células metabolicamente ativas, as quais, enquanto ligadas à planta, recebem água, nutrientes, sais minerais, hormônios e outros compostos de interesse vital (HARRIS, 1988; AWAD, 1993). Todos esses aspectos específicos são amplamente estudados e constituem a essência das contribuições, no sentido terminológico restrito, da Fisiologia Vegetal⁴ (FERRI, 1985; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A composição físico-química e nutricional dos frutos maduros é muito variável, com valores extremos de 50-95% de água, 2-40% de carboidratos, 1-5% de proteínas, 1-20% de lipídios, e o restante em ácidos orgânicos, vitaminas e minerais (WILLS et al., 1982). As solanáceas maduras mais cultivadas na região Centro-Sul do Brasil apresentam uma composição química (**Tabela 2**) semelhante àquela do cúbio, demonstrando a importância do elo quimiotaxonômico existente nessa família botânica.

Tabela 2. Composição química das solanáceas mais consumidas em g por 100 g

Frutos maduros	Umidade	Lipídios	Proteínas	Glicídios	Fibras	Cinza	Referências
Batata	80,2	0,1	2,1	17,1	0,5	1,0	AZOUBEL et al., 1998; IBGE, 1999
Berinjela	91,2	0,3	1,0	6,3	1,2	0,6	AZOUBEL et al., 1998; IBGE, 1999
Cúbio	91,5	1,4	0,6	0,1	0,4	0,4	IBGE, 1999
Jiló	89,3	1,1	1,4	7,0	1,2	0,7	AZOUBEL et al., 1998; IBGE, 1999
Pimenta	74,2	2,3	4,1	18,0	6,0	1,4	IBGE, 1999
Pimentão	87,3	0,6	1,9	8,0	2,2	0,8	AZOUBEL et al., 1998; IBGE, 1999
Tomate	93,7	0,3	0,8	4,6	0,6	0,5	AZOUBEL et al., 1998; IBGE, 1999

NOTA: Os valores dos nutrientes do cúbio podem variar segundo a metodologia utilizada e a origem do fruto. Mas os níveis de fibras do IBGE (1999) estão muito abaixo daqueles da maioria dos autores, inclusive YUYAMA et al. (2002)

³ Para AWAD (1993), fruta (no feminino) ressalta mais os aspectos sensoriais do alimento, ao passo que fruto salienta o sentido botânico da palavra, i.e., um ou mais ovários desenvolvidos, com ou sem sementes, aos quais podem associar-se outras partes da flor.

⁴ A expressão “Fisiologia Comparada” é tradicionalmente reservada ao estudo da função de diversos organismos pertencentes ao mesmo reino na escala filogenética, mas a “Biologia Molecular” a mudou (BERALDO, 1968).

O amadurecimento constitui a última fase de desenvolvimento dos frutos suculentos que acompanha uma série de mudanças fisiológicas e bioquímicas em tecidos especializados (ÖZGEN et al., 2002). A maioria dos frutos pode amadurecer na planta, mas outros podem ainda amadurecer fora dela, constituindo esse último evento o fulcro dos estudos da Fisiologia Pós-Colheita (AWAD, 1993).

O início da Fisiologia Pós-Colheita moderna remonta a 1924, ano em que FRANKLIN KIDD e CHARLES WEST, ao estudarem o comportamento pós-colheita de maçãs (*Malus spp*) estocadas no frio, reconheceram e nomearam o fenômeno respiratório associado ao seu amadurecimento, doravante conhecido como climatérico (LATIES, 1995). Esse fenômeno, (retomado por BLACKMAN et al. em 1928), descreve uma queda gradual na atividade respiratória após a colheita, seguida por um aumento significativo da atividade respiratória, que subsequenteiramente recai de novo (LATIES, 1995). Nos anos seguintes, outros investigadores reconheceram o etileno (C_2H_4) como o agente hormonal causal na iniciação do fenômeno climatérico (LATIES, 1995).

Todavia, cumpre salientar que a origem de desordens durante o amadurecimento pós-colheita e a estocagem dos frutos, depende em grande parte de uma série de fatores associados ao período pré-colheita; as variações de temperatura sendo os principais fatores (FERGUSON et al., 1999; MATTHEIS; FELLMAN, 1999).

A maioria dos pesquisadores ligados à Fisiologia Pós-Colheita, assim como os manipuladores e comerciantes envolvidos, descrevem a qualidade dos frutos como os atributos específicos daqueles – coloração, firmeza, conteúdo em açúcares (SHEWFELT, 1999). Portanto, quanto maior for o conhecimento acerca do comportamento do fruto, tanto maior será a margem de segurança em seu manejo; sem esquecer de que pré-colheita, colheita e pós-colheita, representam, de fato, um continuum de períodos críticos na determinação da qualidade final do fruto a ser consumido.

Assim sendo, a Fisiologia Pós-Colheita estuda todas as implicações (conseqüências) do amadurecimento do fruto separado da planta, e semelhantes aspectos ainda não foram totalmente estudados no cúbio, justificando esse enfoque científico básico no presente trabalho (análises físico-químicas e toxicológicas de quatro estádios de maturação do fruto).

A primeira sessão deste trabalho tratou precisamente das mudanças de índices físicos (peso, formato) e sensoriais (coloração, frescor) do cúbio (**Figura 2**) em função do período pós-colheita. Esses aspectos são os primeiros a serem cuidadosamente avaliados pelos consumidores e suscitam, por isso, grande interesse na agroindústria. Por conseguinte, conhecer a vida de prateleira do cúbio após a colheita, em temperatura ambiente, com base em parâmetros confiáveis, poderá gerar a fundamentação científica necessária para o seu melhor aproveitamento.



Figura 2. Exemplos de frutos maduros de cúbio procedentes de Manaus (AM)

1 MUDANÇAS DE ÍNDICES FÍSICOS E SENSORIAIS DO CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM FUNÇÃO DO PERÍODO PÓS-COLHEITA

RESUMO

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) é um fruto muito atraente devido à sua aparência (cor, formato). O delineamento deste experimento teve por objetivo avaliar mudanças e conservação pós-colheita de frutos de cúbio em atmosfera ambiente destituída de fatores de estresse vegetal. As amostras de 20 de frutos verdes foram colhidas de plantas mantidas no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura Tropical (EEOT), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), tendo essa área de plantio características geológicas de terra firme. Os frutos foram imediatamente levados para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos (CPTA), onde todas as avaliações foram realizadas. Os frutos foram armazenados em temperatura ambiente (média de 29,3° C) e avaliados diariamente quanto ao peso, aos diâmetros longitudinal e transversal, e visualmente quanto à perda de frescor e às mudanças de coloração. A duração do experimento foi definida pela perda total de frescor de todos os frutos estudados, tornando sua aparência potencialmente imprópria para a comercialização. O formato predominante do cúbio foi cordiforme (1,2), ainda adequado para o descasque. A perda de frescor iniciou no sexto dia pós-colheita em atmosfera ambiente, atingindo 100% dos frutos 17 dias pós-colheita (término do estudo). Não houve correlação estatística significativa entre o período de temperatura máxima (31-30 °C) e o número de frutos com perda de peso diária. Não houve, tampouco, alteração significativa da relação do diâmetro longitudinal pelo diâmetro transversal, a qual se manteve estável (1,2) nos 17 dias pós-colheita. As mudanças na coloração iniciaram a partir do sétimo dia pós-colheita, mas mostraram-se irregulares, imperfeitas e incompatíveis com três estádios aceitáveis de maturação do cúbio no final do experimento: oito frutos verdes (40%), sete de vez (35%) e cinco maduros (25%). À diferença de outros frutos, a maturação perfeita dos frutos de cúbio mostrou-se inteiramente dependente de sua planta, não sendo o estágio de fruto verde recomendável para a colheita.

Palavras-chave: cubiu, peso, diâmetros, coloração, frescor, murchamento

CHANGES IN PHYSICAL INDEXES AND SENSORIAL ASPECTS OF CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) ACCORDING TO THE POSTHARVEST PERIOD

ABSTRACT

The cúbio fruit (*Solanum sessiliflorum* Dunal) is very attractive due to its appearance (color, shape). The design of this experiment was aimed to evaluating the changes and conservation of cúbio fruits in environmental conditions lacking of vegetal stressful factors. The samples of twenty green fruits were harvested from plants maintained in the Active Bank of Germoplasm of cúbio of the Experimental Station of Tropical Olericulture (EEOT), of the National Institute of Researches of Amazônia (INPA); this area having geological characteristics of upland. The fruits were immediately taken to the Laboratory of Food Biochemistry and Postharvest Physiology of the Coordination of Researches in Food Technology (CPTA), where all the evaluations were accomplished. The fruits were stored in an average temperature of 29,3° C and evaluated daily with relation to the weight, longitudinal and transversal diameters, and visually, with relation to the loss of freshness and the coloration. The length of the experiment was defined by the total loss of freshness of all the studied fruits, turning their appearance potentially inappropriate for commercialization. The predominant shape of cúbio was cordiform (1.2), yet adequate for shelling. The loss of freshness started in the sixth day of the postharvest period under environmental temperature, reaching 100% of the fruits in the seventeenth day (end of the experiment). There was no significant statistical correlation between the period of maximum temperature (31-30° C) and the number of fruits with daily weight loss. In addition, there was no significant change in the longitudinal and transversal diameter ratio, which remained stable (1.2) during the postharvest period. The changes in color started from the seventh postharvest day, but they were irregular, imperfect and incompatible with three acceptable stages of physiological maturation of cúbio in the end of the experiment: eight green fruits (40%), seven turning ripe (35%) and five almost ripe (25%). Thus, the perfect maturation of the cúbio fruits depends entirely on their plant, differing in this feature from other fruits. The green stage of maturation of cúbio is not suitable for the harvesting.

Key words: cubiu, weight, diameters, color, freshness, fading

1.1 Introdução

O caráter atrativo dos frutos é, sobretudo, devido à sua aparência, a qual está ligada às cores vivas e à turgescência (pressão hidrostática estável), e conseqüente frescor mantido pela estrutura íntegra das células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004). Este último aspecto, muito apreciado pelos consumidores, é prejudicado pela perda progressiva de água das células vegetais, ocasionada pela transpiração em função do período pós-colheita. Dentre os fatores de desordens fisiológicas pré- e pós-colheita, destacam-se mudanças extremas de temperatura (FERGUSON et al., 1999; MATTHEIS; FELLMAN, 1999; PAULL; CHEN, 2000). Isso resulta em murchamento dos frutos e repulsa imediata dos consumidores à vista desses alimentos essenciais.

Essas características de maturação do fruto separado da planta definem, em última análise, a sua vida de prateleira em determinado período de tempo. Segundo POTTER; HOTCHKISS (1998), vida de prateleira é definida como o tempo que o fruto leva para alcançar um nível de inaceitabilidade pelos consumidores.

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) constitui um exemplo de fruto da região amazônica, muito apreciado pelo seu caráter viçoso e suculento, e a sua composição nutricional (fibras, vitaminas, minerais). Sua expressão fenotípica (formato) é muito variada, sendo encontrado tanto na Amazônia Legal (ou Brasileira⁵) quanto na Internacional, em particular no Peru, Equador e Colômbia, em altitudes de 1.500-2.300 m (RICKER; DALY, 1998). Todavia, o seu comportamento pós-colheita ainda não está totalmente esclarecido.

Um estudo sobre a comercialização de hortaliças em Manaus (AM, Brasil), mostrou que solanáceas como a batata (*S. tuberosum* L.), a pimenta (*C. frutescens* L.), o pimentão (*C. annuum* L.) e o tomate (*L. esculentum* Mill.), constavam dentre os produtos mais ofertados

⁵ Abrange os estados do Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima e Tocantins, e a porção central e norte do Mato Grosso e a porção oeste do Maranhão, totalizando 4,8 milhões de km² (NORONHA, 2003).

(80-100%), não havendo destaque para o cúbio, que permanece um fruto desconhecido até hoje, mesmo para a população manauense (OLIVEIRA FILHO, 1996; SILVA FILHO et al., 2005). Isso justifica uma investigação, seguida de uma divulgação maior acerca desse fruto. Portanto, o delineamento deste experimento teve por objetivo monitorar mudanças e conservação pós-colheita de frutos de cúbio em atmosfera ambiente.

1.2 Material e métodos

Amostras de frutos verdes foram colhidas de plantas mantidas no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura Tropical (EEOT), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), tendo essa área de plantio características geológicas de terra firme (GUERRA; GUERRA, 2003).

O caráter qualitativo desse experimento foi intencional; os frutos foram deliberadamente escolhidos para pertencer àquele estágio de maturação fisiológica, obedecendo à metodologia descrita por LEITE (2002).

Os frutos foram imediatamente transportados para o local do experimento, o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos (CPTA) do INPA, e nesse selecionados quanto à presença de injúrias (critério de exclusão no estudo) ou ausência (critério de inclusão), quanto ao caráter sadio (critério de inclusão) ou não (critério de exclusão), totalizando uma amostra de 20 frutos. Em seguida, os frutos foram lavados com água corrente, secos à temperatura ambiente e mantidos sobre bandeja de plástico (2 × 26 × 42 cm) recoberta por dupla folha de papel toalha, e nessa monitorados diariamente em temperatura ambiente.

Além do registro diário da temperatura ambiente correspondente ao horário de colheita dos frutos (9 h 30 min), estes foram monitorados individualmente quanto às mudanças na

coloração externa da casca (máquina fotográfica digital FDMAVICA®), no peso (balança semi-analítica FILIZOLA®), nos diâmetros longitudinal e transversal (paquímetro STARRET®, 0,001). Foram igualmente feitas observações quanto à manutenção ou não de frescor (aparecimento de vincos na casca característicos de murchamento).

O término deste estudo observacional foi definido pela perda geral de frescor de todos os frutos estudados, tornando sua aparência potencialmente imprópria para a comercialização, segundo a definição de vida de prateleira de POTTER; HOTCHKISS (1998).

Os dados obtidos foram analisados por métodos de estatística descritiva, correlação e regressão, utilizando o software Microsoft® Office Excel 2003, e o software estatístico SPSS® – *Statistical Product and Service Solutions*, versão 13.0 (VIEIRA; WADA, 1986; FERREIRA, 2000).

A primeira hipótese formulada, ou hipótese nula ($H_0 = \mu^6 d = 0$), referiu-se à probabilidade do peso do fruto não alterar após 17 dias de exposição à temperatura média de 29,3° C, ou seja, as médias inicial e final seriam iguais (costuma-se colocar em H_0 ou hipótese nula o contrário do que se quer provar). Então, a hipótese alternativa foi $H_1 = \mu d < 0$ onde $\mu d = \mu_{\text{peso final}} - \mu_{\text{peso inicial}}$. O nível de significância ou confiança aplicado foi $\alpha = 0,01$ ou $1 - \alpha = 0,99$.

A segunda hipótese formulada, ou $H_0 = \mu_1 = \mu_2$, referiu-se à probabilidade do tempo médio do fruto com frescor ser igual ao tempo médio do fruto com perda de frescor com exposição à mesma temperatura. Então, $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$ onde $\mu_1 = \text{tempo médio do fruto com frescor}$ e $\mu_2 = \text{tempo médio do fruto com perda de frescor}$.

O teste T de Student foi aplicado às duas hipóteses supracitadas.

⁶ μ significa média.

1.3 Resultados e discussão

Este estudo teve a duração de 17 dias, visto que os 20 frutos monitorados (100%) perderam o frescor ao alcançarem esse período pós-colheita em temperatura ambiente (**Figura 3**). Entretanto, essa perda só se manifestou a partir do sexto dia (um fruto em 20), e aumentou progressivamente, demonstrando que o cúbio colhido no estágio de fruto verde é mais resistente à atmosfera ambiente desprovida de estresse vegetal do que outros membros da família Solanaceae, como a pimenta (*C. frutescens* L.), cujos frutos menores necessitam de métodos de conservação imediatos (comercialização em salmoura), e o tomate (*L. esculentum* Mill.), cuja perda de frescor se dá a partir do segundo dia pós-colheita em temperaturas elevadas (FILGUEIRA, 2003).

Entretanto, após a aplicação do teste T à primeira hipótese, pôde-se afirmar com 99% de confiança (ou uma chance de erro de 1%) que não houve diferença significativa entre o peso médio do fruto do primeiro dia ao 17º dia pós-colheita com exposição à temperatura média de 29,3° C. Quanto à segunda hipótese, pode-se afirmar igualmente com 99% de confiança que não houve diferença significativa entre o número médio de dias em que o fruto manteve ou não o frescor.

A temperatura média do período estudado foi de 29,3° C, não ultrapassando as temperaturas médias anuais máximas de Manaus, registradas por mais de um século (**Tabela 3**), e não tendo mostrado impacto significativo sobre a perda de peso dos frutos.

Tabela 3. Média histórica da temperatura em Manaus, AM (Brasil)

Período (décadas)	Temperatura média anual máxima (°C)
1901-1930	31,5
1931-1960	31,2
1961-1990	31,5
1991-2002	31,7

FONTE: ALCÂNTARA; MARQUES FILHO, (2003)

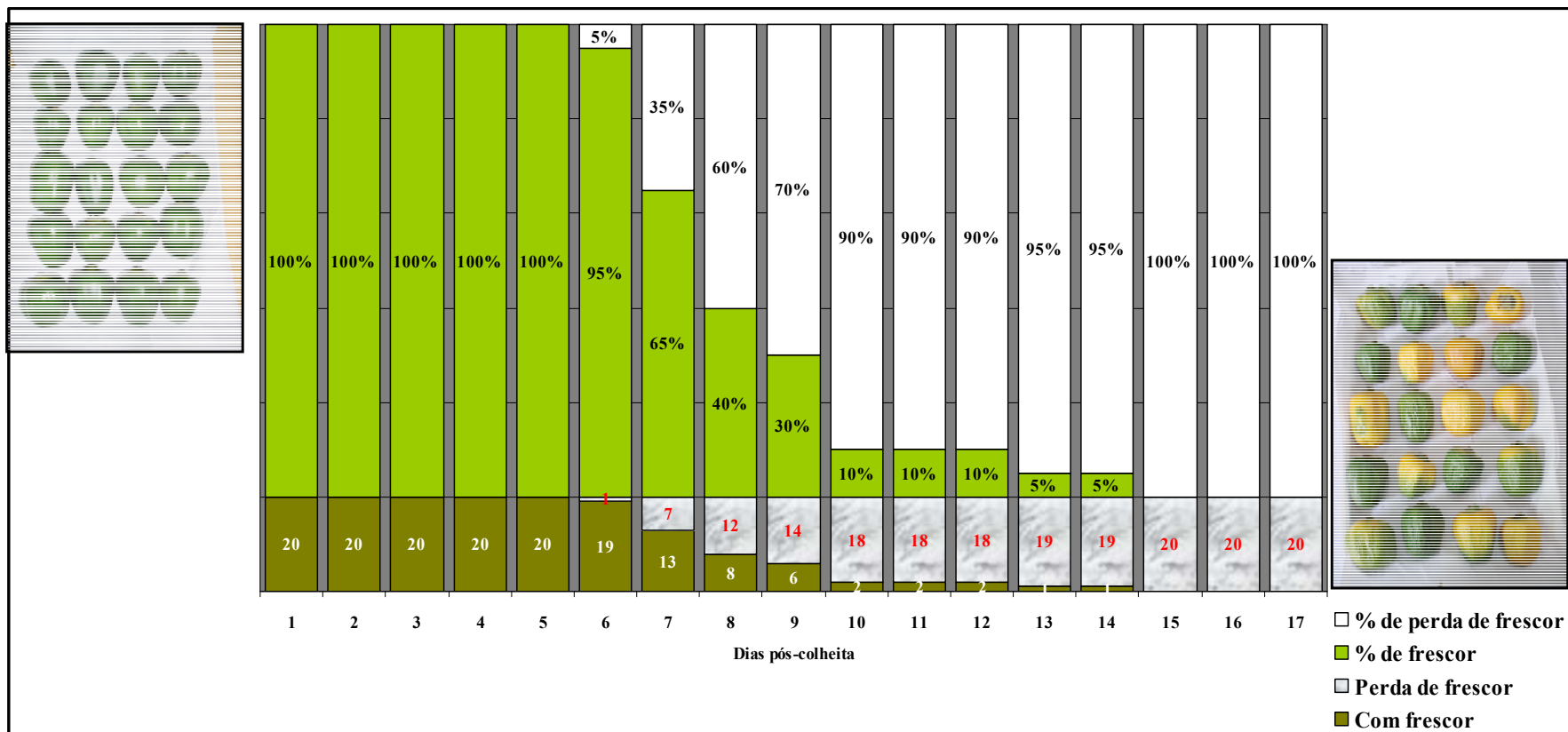


Figura 3. Valores absolutos e percentuais da manutenção do frescor de frutos de cúbio 17 dias pós-colheita

Em outros termos, dos 20 frutos estudados em um período de 17 dias pós-colheita, 9 (45%) apresentaram perda de peso, permanecendo 11 frutos (55%) sem perda (**Figura 4**). Nesse período, o sexto dia se mostrou aparentemente mais crítico para perda ponderal, dado o número de frutos envolvidos (5 em 9), mas essa asserção não foi comprovada estatisticamente, podendo referir-se, no máximo, a uma provável “associação” não implicando causa (picos térmicos) e efeito⁷ – perda de peso dos frutos (**Figura 5**).

A germinação da semente é dependente de vários fatores internos e externos (ou ambientais), como água, oxigênio, temperatura e exposição à luz (RAVEN et al., 2001). BALBI; LOMAX (2003) demonstraram que a germinação pode influenciar diversos índices de desenvolvimento do tomate (*L. esculentum* Mill.) – peso do fruto, maturação – por meio de genes. SANTOS et al. (2000) contribuíram com um estudo sobre a influência da temperatura na germinação de sementes de cúbio no escuro, demonstrando que a temperaturas constantes (20, 25, 30 e 35° C), a germinação foi baixa, enquanto que a temperaturas alternadas de 12 em 12 h (20:30° C e 20:35° C), a germinação de sementes mostrou-se adequada, refletindo provavelmente as condições naturais da Amazônia, com temperaturas moderadas à noite e quentes durante o dia. Isso poderia explicar, em parte, porque o plateau de temperaturas constantes entre os dias 8-11 pós-colheita se associou aos picos de frutos com perdas de peso, e as oscilações de temperatura entre os dias 12-17 pós-colheita não se associaram a frutos com perda de peso; esses últimos estariam mais adaptados às alternâncias térmicas regionais.

De acordo com PAULL; CHEN (2000), para a maioria dos frutos, há duas temperaturas críticas conduzindo a respostas celulares: aquela < 42° C, normal, e aquela > 45° C, considerada pré-estresse. A temperatura máxima do período estudado foi de 31 °C no oitavo dia de monitoramento, não atingindo, portanto, o valor fisiológico crítico supracitado. Portanto, não houve influência significativa da temperatura sobre a perda de peso (**Figura 4**).

⁷ MARCÍLIO, (1995).

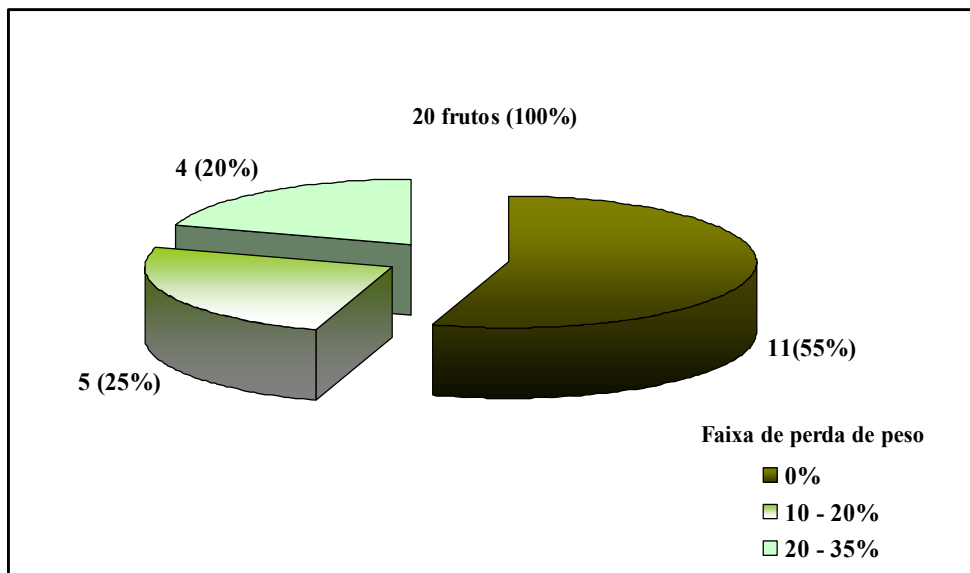


Figura 4. Valores absolutos e percentuais da perda de peso de frutos de cúbio monitorados 17 dias pós-colheita

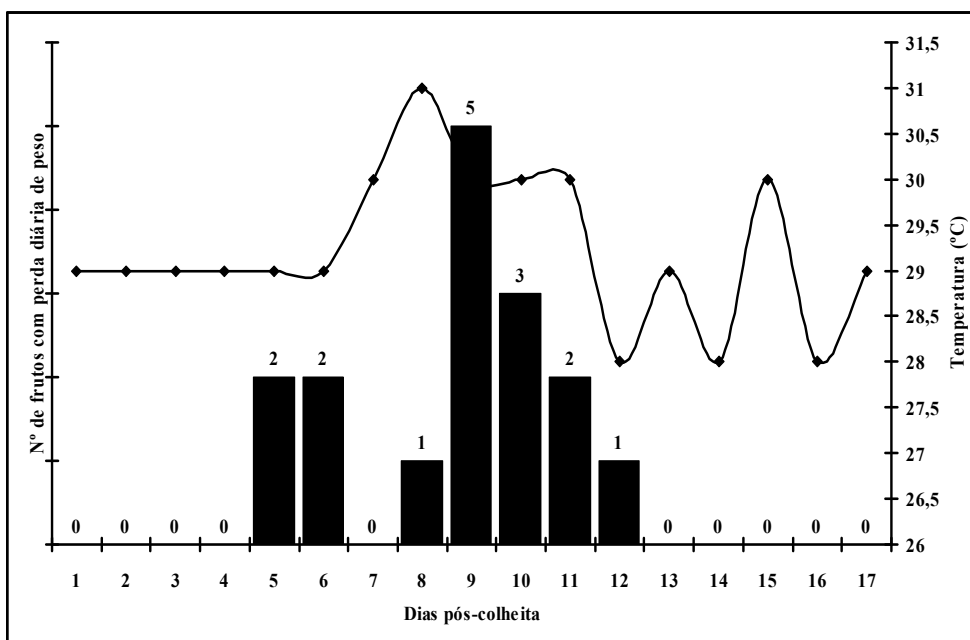


Figura 5. Associação entre os picos máximos de temperatura diários (31-30° C) e aqueles de frutos com perda de peso

A relação do diâmetro longitudinal (L) pelo diâmetro transversal (T) define o formato do fruto, o que é de importância para a agroindústria (facilidade no transporte). A relação do diâmetro L/T dos 20 frutos em 17 dias pós-colheita foi de 1,2; mostrando-se constante nos 17 dias pós-colheita, assim como próxima do formato cordiforme (Tabela 4 e Figura 6).

Tabela 4. Variação dos valores referentes ao formato de frutos de cúbio em 17 dias pós-colheita

Período pós-colheita (dias)	Diâmetros (cm)				Relação L/T	
	Longitudinal (L)		Transversal (T)		Média	DP
	Média	DP	Média	DP		
1	7,6	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
2	7,6	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
3	7,6	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
4	7,6	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
5	7,5	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
6	7,5	0,6	6,5	0,4	1,2	0,1
7	7,5	0,6	6,5	0,5	1,2	0,1
8	7,5	0,6	6,4	0,5	1,2	0,1
9	7,5	0,6	6,4	0,4	1,2	0,1
10	7,4	0,6	6,4	0,4	1,2	0,1
11	7,4	0,6	6,4	0,5	1,2	0,1
12	7,4	0,6	6,3	0,4	1,2	0,1
13	7,4	0,6	6,2	0,5	1,2	0,1
14	7,4	0,6	6,2	0,5	1,2	0,1
15	7,4	0,6	6,3	0,4	1,2	0,1
16	7,3	0,6	6,2	0,4	1,2	0,1
17	7,3	0,6	6,2	0,4	1,2	0,1

N. = 20 frutos

NOTA: Não houve mudanças significativas no formato cúbio 17 dias pós-colheita

Diante da grande variabilidade fenotípica do cúbio e do ponto de vista da industrialização de base do fruto, SILVA FILHO (2000) ressaltou a conveniência de direcionar precisamente a seleção do formato redondo, devido à maior facilidade de descasque mecânico, ao passo que na indústria leve (caseira), o formato teria menor importância por se tratar de uma atividade mais artesanal. No entanto, ambas as atividades contribuem para o enriquecimento agroindustrial local e conseqüente melhoria da embalagem

(Figura 6).

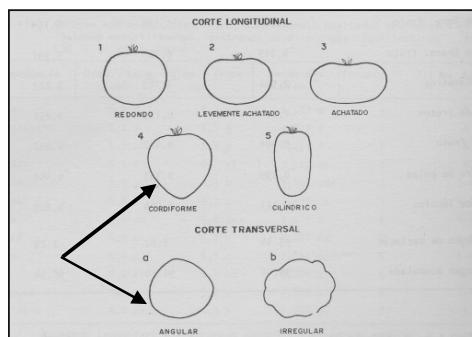


Figura 6. Padronização biométrica dos formatos utilizados na caracterização dos frutos de cúbio

FONTE: SILVA FILHO et al., (1989)

NOTA: No corte longitudinal, a seta mostra o formato cordiforme (4) predominante dos frutos estudados, assim como o aspecto angular (a) predominante no corte longitudinal

Segundo AWAD (1993) a forma ideal de medir a maturidade de um fruto deve ser simples, rápida, exequível na própria área de plantio e, se possível, sem o inutilizar. Não obstante, apesar da bela tonalidade vinho-marrom do cúbio senescente, essa fase não é mais própria para a comercialização, sendo tão-somente adequada para a alimentação animal e perpetuação da espécie vegetal – dispersão das sementes (MARTINS et al., 1999).

As mudanças na coloração do cúbio iniciaram a partir do sétimo dia pós-colheita e mostraram-se incompatíveis com três estádios aceitáveis de maturação do fruto no final do experimento: oito frutos verdes (40%), sete de vez (35%) e cinco maduros (25%). Desse modo, em todos os estádios, as mudanças de coloração externa da casca foram irregulares, imperfeitas e desuniformes (**Figura 7**).

À diferença de frutos climatéricos, como a banana (*Musa L.*), da família Musaceae, e o abacate (*Persea americana* Mill.), da família Lauraceae, que amadurecem perfeitamente separados das plantas, o cúbio mostrou, neste experimento, ter um amadurecimento inteiramente dependente da planta (WILLS et al., 1982). Entretanto, como os habitantes da região amazônica consomem o fruto mesmo no estágio verde, este estudo demonstrou, ao contrário do tomate (*L. esculentum* Mill.) e da pimenta (*C. frutescens* L.), que o cúbio é mais resistente à temperatura ambiente desprovida de fatores de estresse vegetal (temperaturas excessivas, sobretudo) do que esses outros membros da família Solanaceae, mantendo-se sem mudanças por seis dias. Esse maior período de estabilidade pós-colheita poderá tornar a manipulação desse fruto mais flexível na agroindústria. Manipulações tecnológicas visando à maior conservação de cúbio pós-colheita vêm sendo estudadas por COELHO; ANDRADE (1998), por meio do armazenamento desses frutos em atmosfera modificada e refrigeração. A atmosfera modificada prolonga o tempo de armazenamento por meio da modificação do balanço de gases, e a refrigeração retarda as atividades metabólicas (20 dias pós-colheita, os frutos assim armazenados perderam 5% do peso; aqueles em temperatura ambiente, 15%).

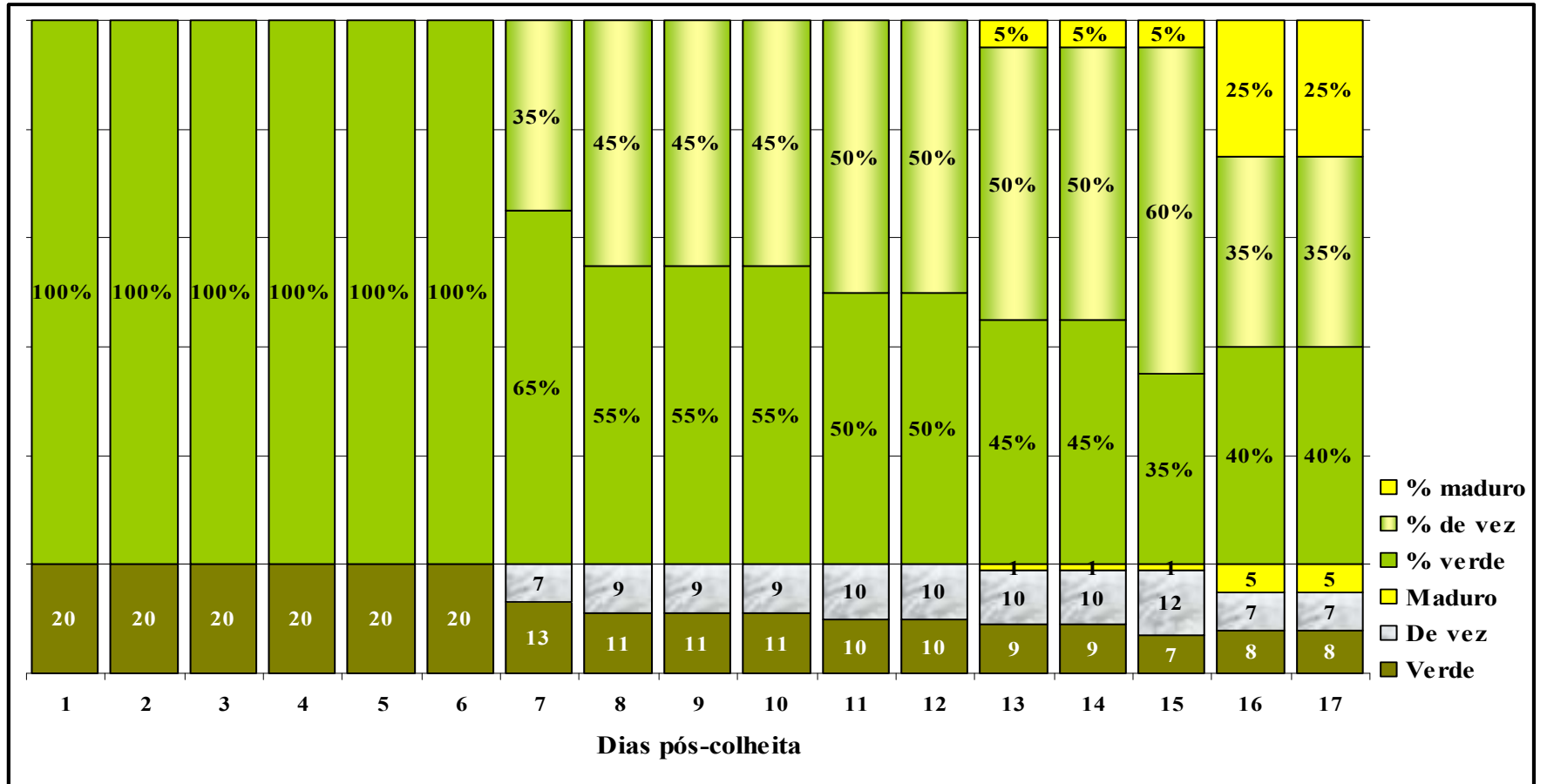


Figura 7. Valores absolutos e percentuais das mudanças de coloração de frutos de cúbio monitorados 17 dias pós-colheita

Assim como outras espécies do mesmo gênero *Solanum*, o cúbio apresenta uma placentação axial (WHALEN et al., 1981), com a particularidade desse processo ter-se mostrado muito sensível a fatores abióticos (temperatura em especial), com perda de frescor (murchamento) e descolamento de placenta no décimo sétimo dia pós-colheita do fruto colhido verde – fim do estudo (**Figura 8**). O ovário do *S. sessiliflorum* Dunal é trígono-ovóide, cujos tecidos formadores de óvulos parecem estar inseridos em septos secundários (WHALEN et al. 1981; REVILLA, 2000). Entretanto, a placenta não é apanágio dos vegetais superiores, considerando estar presente nas briófitas e pteridófitas – vegetais intermediários na escala evolutiva botânica (SOARES, 1997). Sua complexidade morfológica e funcional foi discutida a seguir.

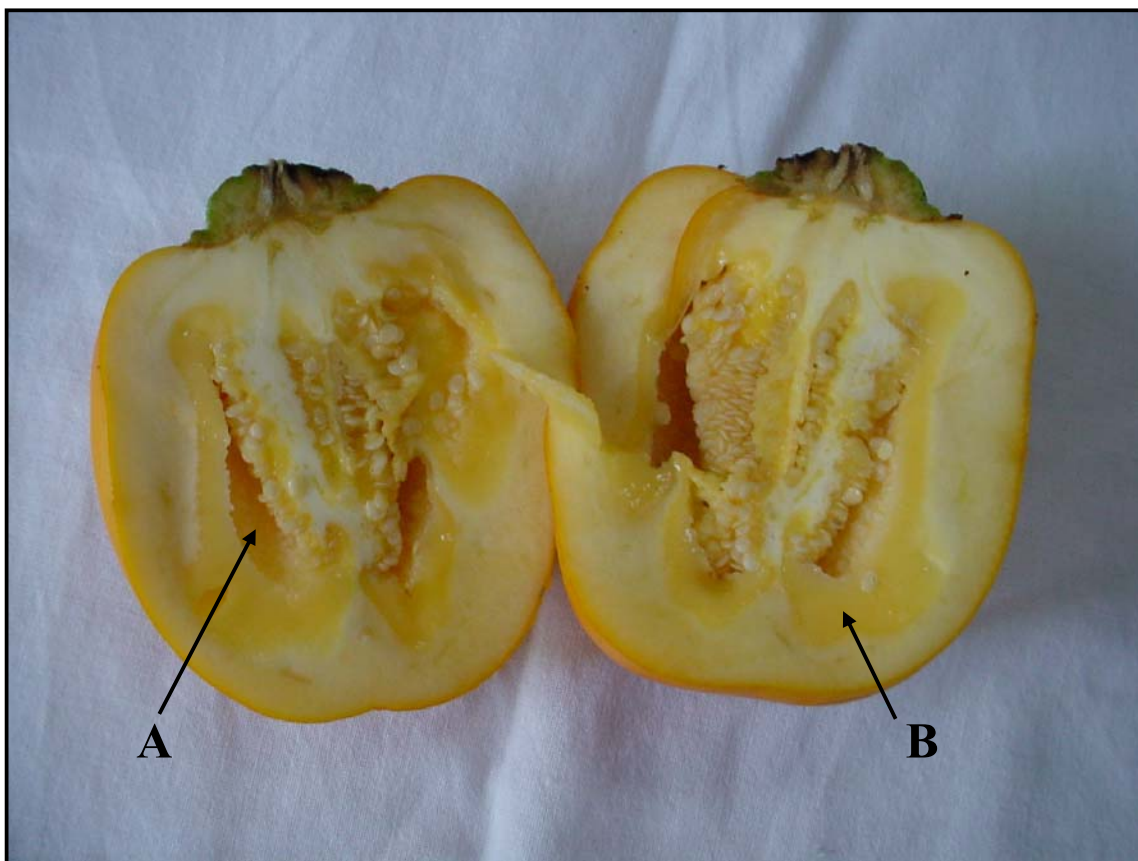


Figura 8. Descolamento axial da placenta 17 dias pós-colheita do cúbio

NOTA: A seta (A) mostra o espaço criado pela placenta descolada. A seta (B) mostra o tecido remanescente da polpa com destaque para a retração dos espaços multiloculares

Nas briófitas, a placenta é composta por células de transferência com um extenso labirinto de crescimentos intrusivos altamente ramificados da parede celular, que aumenta drasticamente a área da membrana plasmática, através da qual ocorre o transporte ativo de nutrientes (RAVEN *et al.*, 2001). Esse perfil morfogênico mostrou-se conservado nos maiores grupos de briófitas, confirmando a importância filogenética da placenta (CARAFA *et al.*, 2003).

Nas angiospermas, a exemplo do *L. esculentum* Mill., a ausência de estruturas com importância trófica, como a placenta, resulta em frutos malformados, salientando o papel da placenta na integridade do fruto e o seu interesse fitopatológico (TOMER *et al.*, 1998).

Por fim, além da função nutritiva dos óvulos, a placenta vem afigurando-se relevante no metabolismo secundário, considerando a sua capacidade de produzir alcalóides como os capsaicinóides e a teobromina (DENFFER *et al.*, 1976; CURRY, *et al.*, 1999; ZHENG *et al.*, 2004).

Contudo, o caráter uniforme do descolamento da placenta do cúbio foi compatível com a placentação axial, considerando que essa brota do centro da base do ovário (THOMAS-DOMÉNECH, 1977).

MODI; WHITE (2004) demonstraram que o potencial hídrico da placenta de *L. esculentum* Mill. diminuiu com o amadurecimento do fruto e das sementes. Como as plantas não utilizam um mecanismo ativo para aumentar o potencial hídrico ou a disponibilidade de água livre ou quimicamente liberada (reações exergônicas) – por meio de bombas hídricas, por exemplo –, a água se move apenas passivamente, seguindo um gradiente de concentração de caráter plural (o potencial hídrico descreve, na realidade, a soma de três variáveis, i.e., pressão, potencial osmótico e potencial gravitacional) (MOHR; SCHOPFER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

MOURA et al. (2002) estudaram o desempenho germinativo de sementes de cúbio ao condicionamento osmótico imergindo dez gramas de sementes desse fruto em 50 mL de solução de nitrato de potássio (KNO_3) em concentrações de 0,1, 0,3 e 0,5 M, a uma temperatura de 20° C, constatando que a maior concentração de KNO_3 foi a mais adequada.

Também, outro trabalho com *Zea mays* L., embora de família botânica diferente, a Poaceae, sugeriu que a responsividade da placenta ao estresse integral de natureza múltipla (potencial hídrico, ácido abscísico e fluxo de açúcar), assim como do endosperma, a fatores indiretos, pode desempenhar papéis-chave na determinação do limiar de absorção para sementes (YU; SETTER, 2003).

1.4 Conclusão

Todos os índices físicos e sensoriais monitorados demonstraram que o cúbio não está adaptado para amadurecer separado da planta em atmosfera ambiente, mesmo desprovida de fatores de estresse pós-colheita (temperaturas muito elevadas, sobretudo). Os tecidos do cúbio (casca, polpa e placenta) sofreram mudanças estruturais após terem sido colhidos no estágio de fruto verde e mantidos em meio ambiente (coloração da casca imperfeita, murchamento, descolamento axial da placenta). O conjunto desses dados preliminares poderá servir de base para a concepção de medidas mais apropriadas para a conservação desse alimento vegetal de interesse multidisciplinar cada vez mais crescente.

1.5 Referências

ALCÂNTARA, J.M.; MARQUES FILHO, A.O. Clima e hidrologia da área urbana de Manaus. In: **XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA, CNPq**, 2003, Manaus, 240, p. 197-198.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 115 p.

BALBI, V.; LOMAX, T.L. Regulation of early tomato fruit development by the diageotropica gene. **Plant Physiology**, v. 131, p. 186-197, 2003.

COELHO, E.G.; ANDRADE, J.S. Mudanças físico-químicas dos frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) armazenados em atmosfera modificada e refrigeração. In: **VII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA, CNPq**, 1998, Manaus, 236, p. 210-212.

CARAFÁ, A.; DUCKETT, J.G.; LIGRONE, R. The placenta in *Monoclea forsteri* Hook. and *Treubia lacunosa* (Col.) Prosk: insights into placental evolution in liverworts. **Annals of Botany**, v. 92, p. 299-307, 2003.

CURRY, J., et al. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. **Plant Science**, v. 148, p. 47-57, 1999.

DENFFER, D et al. **Strasburger's textbook of botany**. Longman, London, 1976.

FERGUSON, I; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 255-262, 1999.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 648 p.

LEITE, F. **Validação em análise química**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2002. 278 p.

MARCÍLIO, C. **Dicionário de pesquisa clínica**. Salvador: Artes Gráficas S.A., 1995. 208 p.

MARTINS, L.; COSTA, M.A.S.; NEE, M. Solanaceae. In: RIBEIRO, J.E.L. da et al. (eds). **Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-Firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999, p. 583-587.

MATTHEIS, J.P.; FELLMAN, J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 227-232, 1999.

MODI, A.T.; WHITE, B.J. Water potential of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) placenta and seed germination in response to desiccation during development. **Seed Science Research**, v. 14, n. 2, p. 249-257(9), 2004.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. Springer, New York, 1995. 629 p.

MOURA, M.C.N. de; FERREIRA, S.A.N.; SILVA FILHO, D.F. Condicionamento osmótico de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). In: **XI Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA**, 2002, Manaus, 251, p. 170-171.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OLIVEIRA FILHO, M.S. de. A comercialização de hortaliças em Manaus. In: **V Jornada de Iniciação Científica do CNPq, PIBIC, INPA, UA**, 1996, Manaus, 267, p. 29.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat treatment and fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 21-37, 2000.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H. **Food science**. 5. ed. Gaithersburg: Aspen, 1998. 608 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001. 906 p.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis**. 2. ed. Manaus: SEBRAE, 2001. 405 p.

RICKER, M.; DALY, D.C. **Botânica econômica em bosques tropicales**. Mexico: Diana, 1998. 293 p.

SANTOS, L.A.; BUENO, C.R.; CLEMENT, C.R. Influência da temperatura na germinação de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no escuro. **Acta Amazonica**, v. 30, p. 671-675, 2000.

SILVA FILHO, D.F. da, et al. Caracterização e avaliação do potencial agrônomo e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-405, 2005.

_____. Cúbio (*Solanum sessiliflorum*). In: CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. (eds). **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000, p. 176-183.

SILVA FILHO, D.F. da; CLEMENT, C.R.; NODA, H. Variação fenotípica em frutos de doze introduções de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) avaliados em Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 19, p. 9-18, 1989.

SOARES, J.L. **Biologia**. Scipione, São Paulo, 1997. 509 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAS-DOMÉNECH, J.M. **Atlas de botânica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livro Ibero-Americano, 1977. Série A1-H1.

TOMER, E, et al. Varietal differences in the susceptibility to pointed fruit malformation in tomatoes: histological studies of the ovaries. **Scientia Horticulturae**, v. 77, p 145-154, 1998.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

WHALEN, M.D.; COSTICH, D.E.; HEISER, C.B. Taxonomy of *Solanum* section Lasiocarpa. **Gentes Herbarum**, v. 12, p. 41-129, 1981.

WILLS, R.B.H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. 2. ed. Kensington: NSWU, 1982. 161 p.

YU, L.-X.; SETTER, T. Comparative transcriptional profiling of placenta and endosperm in development maize kernels in response to water deficit. **Plant Physiology**, v. 131, p. 568-582, 2003.

ZHENG, X., et al. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 363-369, 2004.

2 MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS DO CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) vem despertando a atenção multidisciplinar de pesquisadores pela sua aparência e versatilidade (heliófilo preferencial e umbrófilo facultativo), pelo seu crescimento em terra firme e várzea (componente de sistemas agrofloretais importante na diversificação de cultivos), e pelo seu valor nutricional (fibras dietéticas, sobretudo). O delineamento experimental deste trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes estádios de maturação de frutos de cúbio sobre a sua composição físico-química (componentes energéticos e estruturais). As análises consistiram na determinação da umidade, dos carotenóides totais, de macromoléculas com valor energético (lipídios, proteínas) e da cinza, em frutos em quatro estádios de maturação (verde, de vez, maduro e muito maduro) oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA, com características geológicas de várzea. Os frutos de cúbio mostraram uma grande variação ponderal, donde sua distribuição amodal. O estádio de fruto maduro mostrou-se crítico na manutenção da umidade, considerando que a partir desse estádio a perda de água tornou-se evidente (91,72% no fruto maduro para 91,42% no fruto muito maduro). Os carotenóides totais alcançaram um valor máximo (0,217 mg%) no estádio de fruto muito maduro. À semelhança dos frutos em geral, os lipídios elevaram-se progressivamente durante os quatro estádios de maturação, mantendo, todavia, níveis desprezíveis do ângulo nutricional (< 1 g). As proteínas do cúbio mostraram-se baixas, com um nível máximo (0,9 g por 100 g) no estádio de fruto muito maduro. A cinza elevou-se progressivamente, alcançando o nível máximo (0,44 g por 100 g) no fruto muito maduro, ainda assim insuficiente para suprir as necessidades humanas em um consumo esporádico desse fruto. Considerados em conjunto, todos os índices físico-químicos apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, aumento com a maturação, atingindo o máximo, ao inverso da umidade, no fruto muito maduro, com níveis ainda assim baixos para um suprimento dietético satisfatório, principalmente em dietas pouco variadas ou monótonas.

Palavras-chave: cubiu, peso, umidade, lipídios, proteínas, carotenóides, cinza

PHYSICOCHEMICAL CHANGES IN CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) IN DIFFERENT STAGES OF RIPENING

ABSTRACT

Cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) has drawn a multidisciplinary attention of researchers for its appearance and versatility (preferential growth in the sun and facultative one in the shadow), with growth both in upland and in waterlogged soils, and nutritional importance (dietary fibers, in special). The experimental design of this work was aimed to verifying the effect of stages of maturation of cúbio fruits on their physicochemical composition (energetic and structural compounds). The analysis consisted of the determination of their content in moisture, total carotenoids, macromolecules with energetic importance (lipids, proteins), and ash, in fruits originating from the Active Bank of Germoplasm of cúbio of the Experimental Station of Olericulture of Ariaú, in Iranduba (AM, Brazil), belonging to INPA, with geological characteristics of waterlogged soil. The cúbio fruits showed a great variation in weight, explaining the absence of a typical modal distribution. The stage of ripe fruit was shown to be critical in the maintenance of the moisture, considering that the loss of water became thereafter evident (91.72% in the ripe fruit to 91.42% in the very ripe fruit). The total carotenoids reached a maximum value (0.217 mg%) in the stage of very ripe fruit. Similar to other fruits, the lipids rose progressively during the four studied stages of maturation, with worthless levels regarding the nutritional angle (<1 g). The proteins of cúbio were low, with a maximum level (0.9 g per 100 g) in the very ripe stage of the fruit. The ash rose progressively, reaching the maximum level (0.44 g per 100 g) in the very ripe fruit, nevertheless insufficient to supply the human needs in a sporadic consumption of this fruit. Considered together, all the physicochemical indexes presented the same behavior, that is, an increase with the maturation process, reaching the maximum level, except for the moisture, in the very ripe fruits, with levels, nevertheless, low for a satisfactory dietary supply, mainly in monotonous diets.

Key words: cubiu, weight, moisture, lipids, proteins, carotenoids, ash

2.1 Introdução

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal), da família Solanaceae, é um fruto externamente parecido com o pêssego (*Prunus persica* (L.) Batsch), da família Rosaceae, pelo tom vinho amarelado adquirido no estágio de fruto maduro, e pelo caráter tomentoso da casca, sendo muito apreciado sob a forma de doces e outros produtos alimentícios (CASTRO, 1989; KERR et al., 1997). Seu peso médio é, todavia, muito variável, provavelmente ligado a fatores genéticos (SILVA FILHO et al., 1999). De acordo com CHITARRA; CHITARRA (1990), o peso figura dentre os principais índices físicos de qualidade dos frutos e hortaliças. O intervalo entre a antese (período de floração) e o amadurecimento é de 15 semanas para maioria dos frutos, quando atingem o aumento máximo de peso (FERRI et al., 1981; CHITARRA; CHITARRA, 1990).

A floração do cúbio inicia-se quatro a cinco meses após a germinação, momento em que as flores abrem às 7 h e fecham-se às 16 h; durando esse ciclo apenas dois dias na ausência de fertilização (SILVA FILHO, 2002). Já a colheita do cúbio inicia-se em novembro e estende-se até abril (24 semanas), quando os frutos apresentam a coloração amarela – aparência de maturação ideal para o consumo *in natura* e outros aproveitamentos, principalmente o culinário (SILVA FILHO, 2002).

A cor é o primeiro fator que determina a aceitação de um alimento, mesmo porque é a primeira propriedade, e às vezes a única, que o consumidor pode observar; outros fatores hedonísticos (aroma, sabor) só sendo observados em seguida (STRINGHETA, 1994). Na maturação dos frutos ocorre uma seqüência de mudanças na cor, *flavor* (sabor e aroma) e textura que os torna aptos ao consumo *in natura* e (ou) industrializado, e nessa fase, os pigmentos naturais, como os carotenóides, apresentam importância nutricional pelas suas frações precursoras de vitamina A (β -caroteno) e do antioxidante licopeno (CHITARRA;

CHITARRA, 1990). Quase todos os carotenóides são derivados de tetraterpenos (C_{40}) com o esqueleto hidrocarbônico consistindo em oito unidades isoprenóides (BARTLEY; SCOLNIK, 1995; CARDOSO, 1997). Os cloroplastos contêm a maioria das enzimas, senão todas, necessárias para a síntese da clorofila, de ácidos graxos e galactolipídios, dos carotenóides, dentre outros compostos (KROGMANN, 1973). O β -caroteno só é biologicamente ativo quando transformado em retinol, sendo o seu teor no sangue de 300 μg por dL (FRANCO, 2002). Os carotenóides não são tóxicos mesmo quando ingeridos em grandes quantidades devido à sua baixa absorção intestinal, mas quando essa última aumenta, eles se depositam no tecido adiposo (inclusive no subcutâneo), dando uma coloração amarelada da pele (carotenodermia), mas de resolução espontânea, uma vez findo o excesso (SPALLHOLZ et al., 1999). O teor de carotenóides varia dentre os frutos (**Tabela 5**).

Tabela 5. Fontes de provitamina A nas solanáceas mais consumidas no Brasil

Frutos maduros	Valores equivalentes em β-caroteno	Referências
Batata	4.000 (μg por 100 g)	FAVIER et al., 1999
Berinjela	50 (μg por 100 g)	FAVIER et al., 1999
Cúbio	0,18 (mg por 100 g)	REVILLA, 2001
Jiló	66 (mg por 100 g)	IBGE, 1999
Pimenta	50 (μg por 100 g)	FAVIER et al., 1999
Pimentão	1,13-2,16 (μg por 100 g)	PENTEADO, 2003
Tomate	600 (μg por 100 g)	FAVIER et al., 1999

Com relação às proteínas, há um aumento da biossíntese desses macronutrientes em muitos frutos quando amadurecem, por outro lado, ocorre uma aceleração da degradação protéica durante a senescência (FERRI, 1986). A senescência, por sua vez, constitui uma série ordenada de alterações citológicas (deterioração rápida dos cloroplastos e por último dos núcleos celulares) e bioquímicas (indução de genes associados à senescência); sendo a morte

celular programada (ou apoptose) um tipo especializado de senescência ativada na proteção contra organismos patogênicos (GOODWIN; MERCER, 1983; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Pouco é conhecido acerca das mudanças que ocorrem nos lipídios durante o amadurecimento dos frutos em geral (GOODWIN; MERCER, 1983). Além disso, na alimentação habitual, não se costuma dar importância às gorduras de frutos e hortaliças devido a seu baixo teor habitual (SALINAS, 2002). Há, no entanto, frutos, como o abacate (*Persea americana* Mill.), em que o teor de gordura é muito maior (16,00 g/100 g) do que aquele de glicídios (6,40 g/100 g) e de proteínas (1,80 g/100 g) da maioria dos frutos, não diminuindo, todavia, durante o amadurecimento (GOODWIN; MERCER, 1983; FRANCO, 2002). Enfim, conforme CHIESA; MOYNA (2003) foi demonstrado, em estudos de incorporação de precursores marcados, que glicoalcalóides como a tomatidina do tomate (*L. esculentum* Mill.) e a solanidina da batata (*S. tuberosum* L.), possuem um esqueleto esteróide intacto biossintetizado a partir do colesterol, deixando entrever a importância toxicológica dos lipídios no metabolismo secundário das solanáceas.

Os vegetais constituem uma amostra das características minerais do solo onde crescem, podendo-se obter uma gama tão ampla de diferentes minerais, e em quantidades que variam desde vestígios até gramas por cento (ASCAR, 1985; SALINAS, 2002). Entretanto, mesmo que grupos da mesma família botânica agrupem frequentemente características bioquímicas comuns – produção de alcalóides glicosídicos para as solanáceas – não é lícito esperar que todos os outros componentes moleculares sigam exatamente o mesmo comportamento.

De fato, um trabalho recente de SILVA FILHO et al. (2005) mostrou diferenças regionais significativas em micronutrientes dentre as 28 variedades de cúbio já citadas, chamando atenção para a variação significativa do elemento Fe, entre 97,3 a 352,7 mg em 100 g de polpa do fruto *in natura*, e do elemento K, entre 54,6 a 563,5 mg em 100 g de polpa do

fruto *in natura*. Isso salienta, mais uma vez, a importância dos aspectos geoquímicos (fertilidade do solo, adubação) ligados à concentração de nutrientes presentes no solo e expresos na planta, em particular nos frutos (SPALLHOLZ et al., 1999; SALINAS, 2002).

Todos os nutrientes são indispensáveis para o binômio crescimento-desenvolvimento humano satisfatório (OSBORNE; VOOGT, 1978). Assim, o delineamento experimental deste trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes estádios de maturação de frutos de cúbio sobre a sua composição físico-química, ou seja, de componentes ao mesmo tempo energéticos e estruturais, como as proteínas e os lipídios – toda membrana celular é lipoprotéica – quanto nutricionais (água, cinza ou minerais), como fontes alimentares alternativas satisfatórias.

2.2 Material e métodos

Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA. Essa área de plantio tem características geológicas de várzea, as quais são mais férteis do que aquelas de terra firme (ALFAIA; OLIVEIRA, 1997; GUERRA; GUERRA, 2003; NORONHA, 2003; SOUSA et al., 2004). O caráter qualitativo desse experimento foi intencional; os frutos foram deliberadamente escolhidos para pertencer a quatro estádios de maturação (**Figura 9**), obedecendo à metodologia descrita por LEITE (2002).

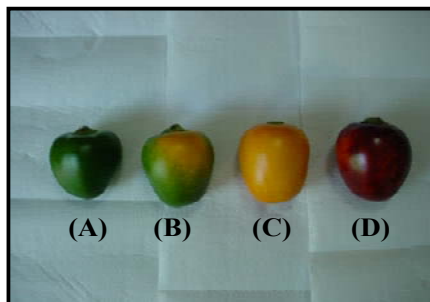


Figura 9. Padronização dos perfis de estádios de maturação do cúbio
NOTA: (A) Fruto verde (B) De vez (C) Maduro (D) Muito maduro

No mesmo dia da colheita, os frutos foram transportados em contentores plásticos para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da CPTA (INPA), onde todos os experimentos foram desenvolvidos. Os frutos foram então selecionados quanto à presença de injúrias (critério de exclusão) ou à sua ausência (critério de inclusão), e ao caráter sadio (critério de inclusão) ou não (critério de exclusão), totalizando uma amostra de 70 frutos, com uma média de peso de 203 g. Em seguida, eles foram lavados com água corrente, e secos à temperatura ambiente (22° C). Uma parcela do material integral (casca, polpa e placenta) foi homogeneizada por trituração em liquidificador ARNO® e imediatamente utilizada para análises em triplicatas (umidade, carotenóides totais). Outra parcela do material integral triturado foi congelada para análises físico-químicas ulteriores (lipídios, proteínas, cinza).

As análises físico-químicas incluíram aquelas da umidade (perda de peso de cúbio triturado úmido em estufa regulada a 105° C até peso constante em balança de precisão), dos lipídios (extração com éter de petróleo em aparelho de SOXHLET), da cinza (incineração em mufla a 550° C por quatro h), conforme metodologia geral descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), e considerada como referência por vários autores (MENDEZ et al., 1995).

As proteínas foram determinadas pelo nitrogênio presente no fruto segundo processo de digestão de KJELDAHL, especificado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Nesse processo, a decomposição da matéria orgânica seca liberou o nitrogênio, que foi finalmente transformado em amônia (NH₄OH), a qual, na presença de ácido bórico (H₃BO₃), pôde ser titulada com solução de ácido clorídrico (HCl) com normalidade conhecida. No cálculo final, introduziu-se o fator empírico 6,25 para transformar o número de g de nitrogênio encontrado na amostra em número de g de proteínas (POLTRONIERI, 2003).

O cálculo do valor energético foi feito utilizando-se fatores de conversão 9,0 para os lipídios e 4,0 para as proteínas; o resultado sendo expresso em kcal por 100 g de fruto (MENDEZ et al., 1995).

Os carotenóides totais foram extraídos por solventes orgânicos com baixa polaridade a partir de $\pm 8,0$ g do fruto integral triturado, e quantificados com base em leituras de absorvância em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, feitas a 450 nm, conforme metodologia de HIGBY (1962).

Os dados obtidos foram analisados por métodos de estatística descritiva, correlação e regressão, utilizando o software geral Microsoft® Office Excel 2003, e o software de estatística específico SPSS® – *Statistical Product and Service Solutions*, versão 13.0 (VIEIRA; WADA, 1986; FERREIRA, 2000).

Foi aplicado um modelo de regressão linear onde os dados podiam ser ajustados na reta $y = a + bx$, onde a é conhecido como o intercepto (variável dependente) e b é a inclinação (variável independente). No teste de hipótese, $H_0: B = 0$ (não existiria relação entre x e y). Em $H_1: b \neq 0$ (existiria relação entre x e y).

2.3 Resultados e discussão

Os resultados da análise estatística descritiva e de variabilidade de dados (desvio padrão) de índices físico-químicos de frutos de cúbio em quatro estádios de maturação estão resumidos na **Tabela 6**. Os resultados das análises estatísticas de teste de hipótese (t), de correlação e regressão estão resumidos na **Tabela 7** (FERREIRA, 2000). Nesta, verificou-se que a única variável que, pela análise de regressão, não possuiu uma relação entre os estádios de maturação do cúbio, foi o peso, para o qual a hipótese nula foi aceita; as outras variáveis possuindo um nível de confiança ou valor de p de 95%.

Tabela 6. Análise estatística descritiva e de variabilidade de dados de maturação do cúbio


	VERDE	DE VEZ	MADURO	MUITO MADURO
				
N.:	14	12	26	18
Peso mín.	79,31	141,32	175,75	153,86
Peso máx.	292,12	256,81	348,24	277,02
Média	167,11	204,00	243,23	212,98
Mediana	149,10	210,70	239,13	219,27
Moda	Amodal	Amodal	Amodal	Amodal
DP	52,93	34,06	57,07	35,21

Tabela 7. Descrição estatística de índices físico-químicos de 70 frutos de cúbio avaliados em quatro estádios de maturação

Variável (médias)	Coefficiente de Determinação (r^2)	t calculado	Intervalo de confiança (I.C. 95%)	Rejeição ou aceitação de H_0	Modelo de regressão da reta ajustada
Umidade	0,924	-4,921	(-0,312 ; -0,021)	rejeita	$\hat{y} = 92,148 - 0,167x$
Peso	0,746	1,503	(-32,949 ; 68,317)	aceita	$\hat{y} = 162,62$
Proteínas	0,860	3,500	(-0,014 ; 0,136)	rejeita	$\hat{y} = 0,581 + 0,061x$
Carotenóides	0,893	4,083	(-0,001 ; 0,028)	rejeita	$\hat{y} = 0,160 + 0,014x$
Lípidios	0,729	0,706	(-0,231 ; 0,322)	rejeita	$\hat{y} = -1,164 + 2,002x - 0,779x^2 + 0,0093x^3$
Cinza	0,913	4,576	(0,002 ; 0,079)	rejeita	$\hat{y} = 0,277 + 0,041x$

$P(0,05)$ ou $\alpha = 0,05$

Os frutos de cúbio da várzea mostraram uma variação ponderal maior do que os frutos de terra firme; donde a distribuição amodal (sessão 1). Isso se deve provavelmente à maior disponibilidade de água da várzea, com fruto em estágio maduro, podendo alcançar um peso máximo de 348,24 g. Entretanto, o estágio de fruto maduro mostrou-se crítico na manutenção da umidade, considerando que a partir desse estágio a perda de água tornou-se evidente

(91,72% no fruto maduro para 91,42% no fruto muito maduro) (Figura 10). A Figura 11 mostra um gráfico com um modelo de regressão da média da umidade em quatro estádios de maturação do cúbio.

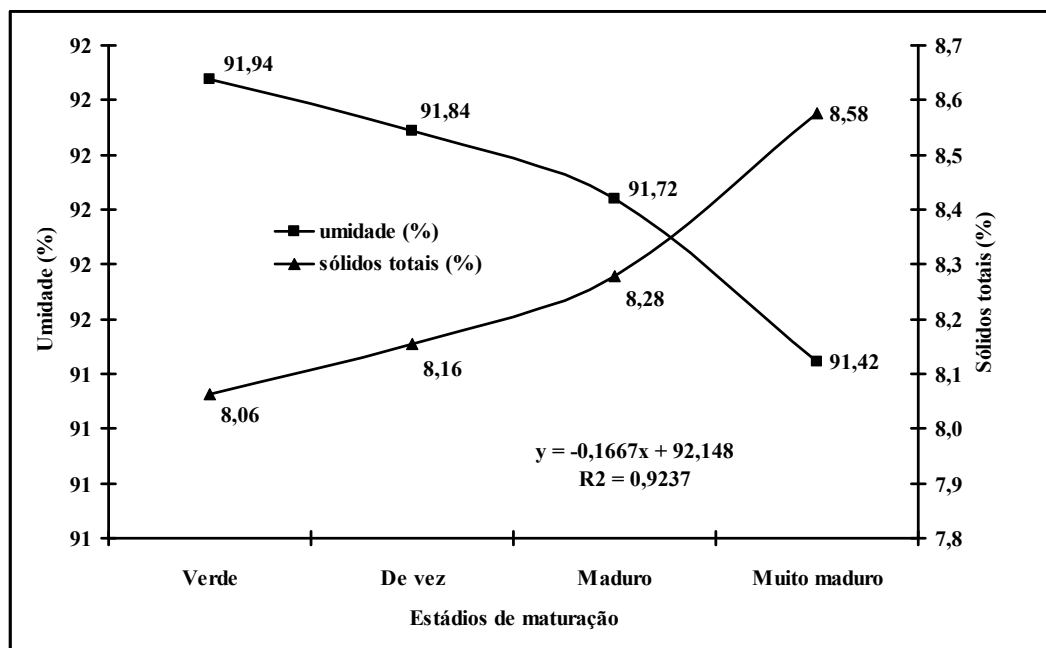


Figura 10. Perfil do teor em umidade do cúbio em quatro estádios de maturação do fruto

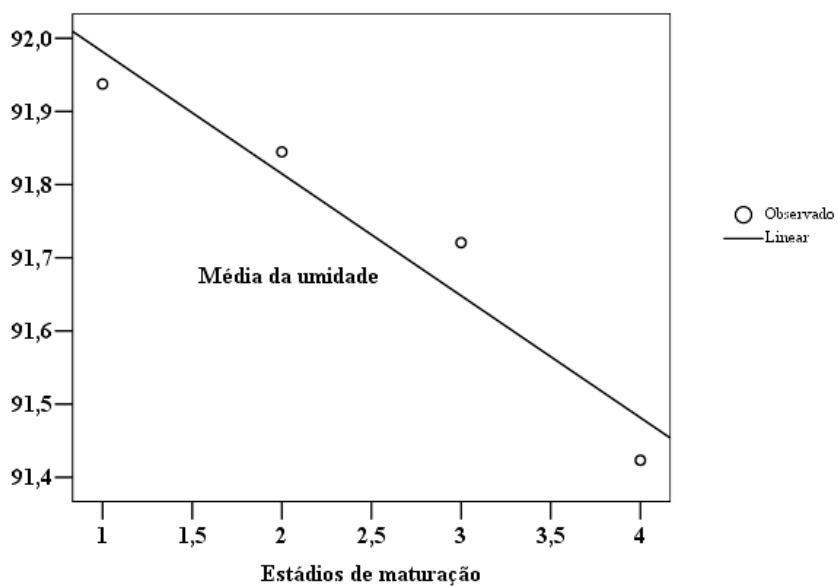


Figura 11. Modelo de regressão linear da média da umidade

NOTA: Em termos estatísticos, os intervalos de 1-2 equivalem ao estágio verde, 2-3, de vez, 3-4, maduro, e 4, muito maduro

Quanto aos pigmentos naturais, os carotenóides totais alcançaram um valor máximo (0,217 mg%) no estágio de fruto muito maduro, à semelhança de cultivares do gênero *Capsicum* (RAHMAN; BUCKLE, 1980). No entanto, esse resultado poderia ter sido diferente caso as determinações houvessem sido feitas separadamente em cada tecido (casca, polpa, placenta) e em frutos de outras famílias. De acordo com CHITARRA; CHITARRA (1990), na dependência do fruto em questão, por exemplo, o abacaxi (*Ananas sativus* Schult. & Schult. f.), da família das bromeliáceas, enquanto os carotenóides da casca diminuem, aqueles da polpa aumentam durante a maturação. Segundo AWAD 1993, no tomate (*L. esculentum* Mill.), a cor verde desaparece durante a maturação, devido à intensa atividade da clorofilase (EC 3.1.1.14), período em que os carotenóides destacam-se (o licopeno representando mais de 80% dos carotenóides presentes no fruto e o β -caroteno aproximadamente 15%).

Portanto, a determinação dos carotenóides totais no fruto integral reúne essas variáveis associadas aos tecidos e à espécie do fruto, e mostrou um perfil global (Figura 12) desses pigmentos durante a maturação do cúbio.

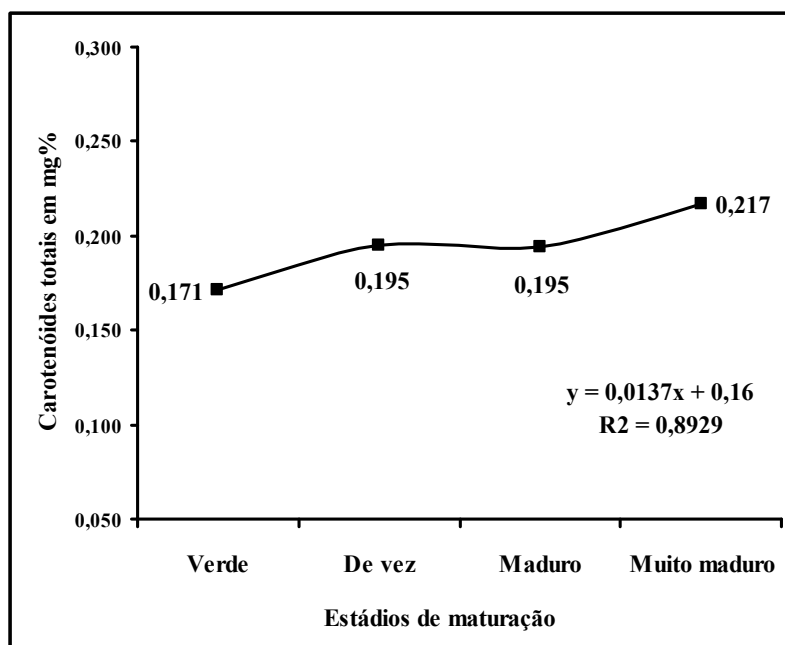


Figura 12. Perfil dos carotenóides totais em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio

Em geral, os frutos são alimentos pobres em proteínas, com aminoácidos limitantes em sua composição, mas ao longo do tempo, as culturas humanas descobriram pratos tradicionais (cereais e leguminosas; cereais e produtos de laticínios, leguminosas e sementes), cuja mistura de proteínas vegetais compensavam deficiências com excessos, permitindo um balanço alimentar protético excelente e o desenvolvimento normal em estatura e peso da população (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002). As proteínas do cúbio mostraram-se baixas, com o valor máximo (0,9 g por 100 g) no fruto muito maduro, o equivalente a 3,6 kcal (**Figura 13**). Não obstante, seu emprego clínico pode ser reavaliado em doenças exigindo restrição protéica convencional, i.e., 0,8 g por kg de peso seco por dia⁸. Nessas dietas hipoprotéicas muito restritivas, por exemplo, os pacientes urêmicos tornam-se menos sintomáticos quando a quantidade de proteína total é reduzida; o mesmo se dando na agudização da insuficiência renal crônica, podendo isso, juntamente com a diminuição de sódio, evitar até diálise de urgência (PARDINI et al., 2003).

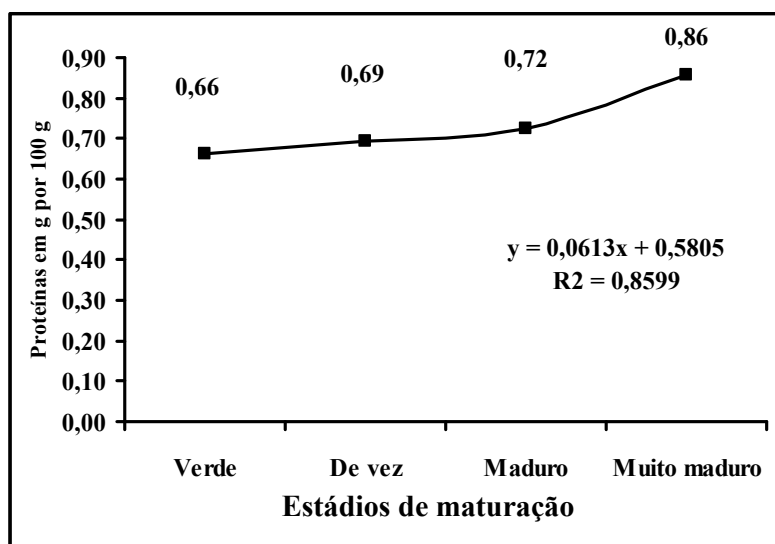


Figura 13. Perfil das proteínas em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio

⁸ O menor peso aferido no período pós-dialítico, quando o paciente não apresenta instabilidade na pressão ou edema importante (PARDINI et al., 2003).

Também à semelhança dos frutos em geral, os lipídios elevaram-se progressivamente durante os quatro estádios de maturação estudados no cúbio, alcançando um valor máximo no fruto muito maduro, 0,35 g por 100 g, o equivalente a 3,15 kcal. Esses níveis mostraram-se desprezíveis do ângulo nutricional, ou seja, < 1 g por 100 g (Figuras 14 e 15).

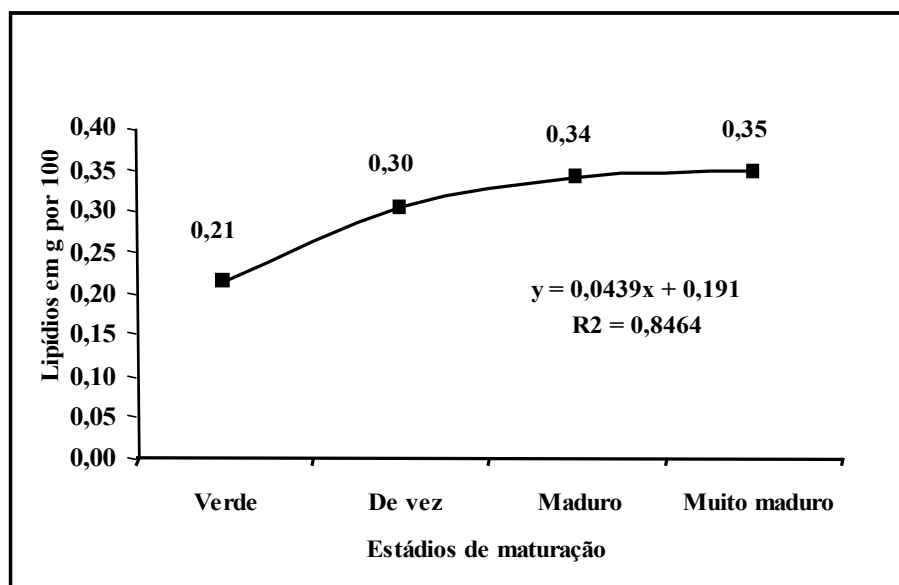


Figura 14. Perfil dos lipídios em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio
 NOTA: O presente valor de lipídio do fruto maduro contrasta, mais uma vez, e fortemente, com aquele do IBGE (1999), destacando um possível viés metodológico e (ou) da variedade analisada do fruto

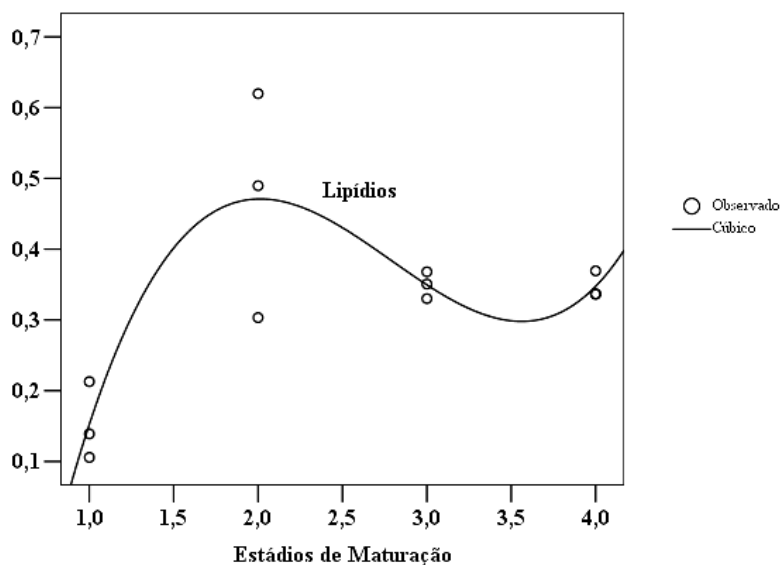


Figura 15. Modelo de regressão cúbica dos lipídios em quatro estádios de maturação do cúbio
 NOTA: Em termos estatísticos, os intervalos de 1-2 equivalem ao estágio verde, 2-3, de vez, 3-4, maduro, e 4, muito maduro (APÊNDICE A)

No que tange à cinza, houve uma elevação progressiva que alcançou o nível máximo (0,44 g por 100 g) no fruto muito maduro. Essa quantidade não seria, todavia, suficiente para suprir as necessidades humanas em um consumo esporádico do fruto (**Figura 16**).

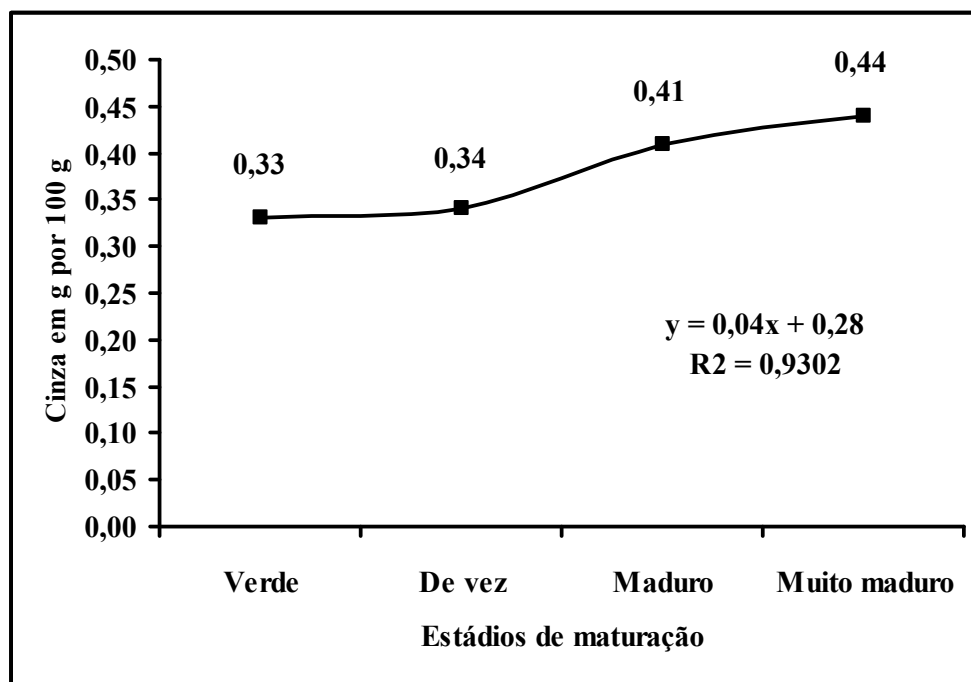


Figura 16. Perfil de cinza em ascensão em quatro estádios de maturação do cúbio

Apesar da principal função das proteínas ser a biossíntese de enzimas, a sua participação como composto estrutural corpóreo e energético, juntamente com os lipídios (membranas celulares lipoprotéicas, matriz óssea como suporte mineral), tornam-nos indispensáveis a uma alimentação saudável (APFELBAUM et al., 1989). Do mesmo modo, não há osteogênese perfeita sem uma matriz protéica capaz de reter elementos indispensáveis como o Ca e o Mg, os quais estão presentes na cinza dos frutos em níveis variáveis, com importância indiscutível na alimentação em médio e longo prazo. Todos esses compostos encontram-se em quantidades insignificantes no cúbio, não devendo este fruto fazer parte da primeira linha de alimentos vegetais prescritos para a população brasileira com doenças osteometabólicas deficitárias como a osteoporose pós-menopáusia, dentre muitas outras.

2.4 Conclusão

Todos os índices físico-químicos estudados apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, aumento com o processo de maturação, atingindo o nível máximo, ao contrário da umidade, no fruto muito maduro, com níveis ainda assim baixos para um suprimento dietético satisfatório, principalmente em dietas pouco variadas (monótonas). Comparado com outras solanáceas muito consumidas no Brasil, o cúbio é um fruto relativamente pobre em componentes energéticos e estruturais de importância, como as proteínas, os lipídios; em substâncias do metabolismo secundário vegetal (carotenóides), assim como em cinza para o binômio crescimento-desenvolvimento humano satisfatório. No entanto, as suas características físicas e sensoriais já estudadas, aliadas ao conjunto desses componentes nutricionais em baixos níveis (importância clínica), justificam o seu lugar na dieta atual dos manauenses saudáveis, e talvez naquela de outros grupos humanos com doenças específicas, em um futuro próximo.

2.5 Referências

ALFAIA, S.S.; OLIVEIRA, L.A. de. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G. de; FONSECA, O.J.M. eds. **Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997, 332. p. 179-191.

APFELBAUM, M.; FORRAT, C.; NILLUS, P. **Abrégé de diététique et de nutrition**. 2. ed. Paris: Masson, 1989. 473 p.

ASCAR, J.M. **Alimentos: aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual**. São Leopoldo: UNISINOS, 1985. 327 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 115 p.

BARTLEY, G.E; SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for protection, visual attraction, and human helath. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1027-1038, 1995.

CARDOSO, S.L. Fotofísica dos carotenóides e o papel antioxidante de β -caroteno. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 535-540, 1997.

CASTRO, G.B. de. Aspectos cultural e alimentar dos diversos grupamentos indígenas na Amazônia. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1/2, p. 23-35, 1989.

CHIESA, F.A.; MOYNA, P. Alcalóides esteroidales. In: SIMÕES, C.M.O. et al. eds. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 869-883.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

FAVIER, J.C. et al. **Repertório geral dos alimentos: tabela de composição**. 2. ed. São Paulo: Roca, 1999. 895 p.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

FERRI, M.G.. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986, v. 2, 401 p.

_____; MENEZES, N.L. de; MONTEIRO, W.R. **Glossário ilustrado de botânica**. São Paulo: Nobel, 1981. 197 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 307 p.

GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. 677 p.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid in natural and carotene orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

IBGE. **Tabela de composição de alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 137 p.

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

KERR, L. et al. **Cozinhando com a pupunha**. Manaus: INPA, 1997. 95 p.

KROGMANN, D.W. **The biochemistry of green plants**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1973. 239 p.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002. 1157 p.

MENDEZ, M.H.M.; DERIVI, S.C.N.; RODRIGUES, M.C.R.; FERNANDES, M.L. **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995. 41 p.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OSBORNE, D.R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrients in foods**. London: Academic Press, 1978. 251 p.

PARDINI, L.P.E. et al. Insuficiência renal. In: TEIXEIRA NETO, F. ed. **Nutrição clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 337-350.

PENTEADO, M.V.C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. Barueri: Manole, 2003. 612 p.

POLTRONIERI, F. **Determinação do fator de conversão nitrogênio:proteína para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) e extratos de tomate, visando à elaboração de dietas para pacientes fenilcetonúricos**. 2003. 90 p. Tese (Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade de São Paulo, SP.

RAHMAN, F.M.; BUCKLE, K.A. Pigment changes in capsicum cultivars during maturation ripening. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 241-249, 1980.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis**. 2. ed. Manaus: SEBRAE, 2001. 405 p.

SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SILVA FILHO, D.F. da, et al.. Caracterização e avaliação do potencial agrônomo e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-405, 2005.

_____. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 503-511, 1999.

SILVA FILHO, D.F. da. **Discriminação de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas**. 2002. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica Econômica) – INPA/UFAM, Manaus.

SOUSA, F.M.G.; COELHO NETO, R.A., SILVA FILHO, D.F. da. Problemas fitossanitários do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no estado do Amazonas. In: **XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, CNPq, FAPEAM, INPA**, 2004, Manaus, 355, p. 187-188.

SPALLHOLZ, J.E.; BOYLAN, L.M.; DRISKELL, J.A. **Nutrition: chemistry and biology**. 2. ed. Boca Raton: CRS Press, 1999. 345 p.

STRINGHETA, P.C. GT “Pigmentos naturais”. **XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos de Iniciação Científica da SBCTA**, 1994, São Paulo, 84, p. 70-74.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

3 MUDANÇAS NO CONTEÚDO DE ÁCIDOS E AÇÚCARES DO CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

A busca por tratamentos alternativos à obesidade mórbida (índice de massa corporal ≥ 40 ou de classe III) e (ou) diabetes *mellitus* do tipo 2 tem desviado a atenção da Farmacologia para a Dietética. Nesta, o cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) tem-se mostrado um alimento promissor. O delineamento experimental deste trabalho teve por objetivo verificar o efeito de estádios de maturação de frutos de cúbio sobre a sua composição em ácidos e açúcares. Os frutos nos estádios verde, de vez, maduro e muito maduro, foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA, com características geológicas de várzea. As análises físico-químicas consistiram na determinação do pH, da acidez titulável, dos sólidos solúveis, da relação Brix/acidez, dos açúcares redutores totais, da frutose, da glicose (inferida pela diferença dos açúcares redutores totais e da frutose), e dos açúcares não-redutores (sacarose) por hidrólise ácida sob aquecimento. Todos os índices físico-químicos associados ao sabor do fruto – pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação Brix/acidez – mostraram um aumento linear pequeno nos quatro estádios estudados, caracterizando o cúbio como um fruto fortemente ácido e com baixo grau de doçura. Expressos em g por 100 g, os açúcares redutores totais alcançaram um valor máximo (2,91) no estádio de fruto de vez, sendo a glicose predominante nesse mesmo estádio (2,72) em relação à frutose (0,20), cujo nível mais alto (0,50) revelou-se no estádio de fruto verde. A sacarose (0,05) mostrou-se baixa – em nível de “traços” – nos quatro estádios de maturação estudados, estando o seu perfil semelhante àquele de outras solanáceas, e de acordo com o seu papel de principal dissacarídeo fornecedor de glicose e frutose para o metabolismo energético do fruto. Em princípio, esse perfil físico-químico dos açúcares do cúbio é anódino para o consumo humano e até recomendável em dietas hipocalóricas.

Palavras-chave: cubiu, acidez, sólidos solúveis, glicose, frutose, sacarose

CHANGES IN THE ACID AND SUGAR CONTENT OF CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) IN DIFERENT STAGES OF RIPENING

ABSTRACT

The search for alternative treatments for the morbid obesity (body mass index ≥ 40 or III class) and (or) type 2 diabetes *mellitus* have been revolving the attention from Pharmacology to Dietetics. In this last science, cúbio fruits (*Solanum sessiliflorum* Dunal) have shown to be promising foods. The experimental design of this work was aimed to verifying the effect of different stages of maturation of cúbio fruits in relation to their composition in acids and sugars. The fruits were harvested in four stages of maturation (green, turning ripe, ripe, very ripe) in the Active Bank of Germoplasm of cúbio of the Experimental Station of Olericulture of Ariaú, in Iranduba (AM, Brazil), belonging to INPA, with geological characteristics of waterlogged soil. The physicochemical analysis consisted of the determination of pH, titrable acidity, soluble solids, Brix/acidity ratio, total reducing sugars, fructose, glucose (inferred) by the difference between total reducing sugars and fructose, and the non-reducing sugars (sucrose) by acidic hydrolysis under heat. All the physicochemical indexes associated with the flavor of the fruit – pH, titrable acidity, soluble solids, and Brix/acidity ratio – showed a small linear increase in the four studied stages, characterizing cúbio as a fruit strongly acid, with a small degree of sweetness. Expressed in g per 100 g, the total reducing sugars reached a maximum value (2.91) in the stage of the fruit turning ripe, being glucose (2.72) the predominant sugar in this same stage in relation to the fructose (0.20), whose highest level (0.50) was revealed in the stage of green fruit. Sucrose remained low (0.05) – in the level of "traces" – in the four studied stages of maturation, being its profile similar to that of other fruits from the Solanaceae family, and in agreement with its role as the main disaccharide source of glucose and fructose for the energy metabolism of the fruit. In theory, this physicochemical profile of acids and sugars of cúbio is anodyne for the human consumption, being even recommendable in hypocaloric diets.

Key words: cubiu, soluble solids, acidity, glucose, fructose, sucrose

3.1 Introdução

Durante a maturação dos frutos (em geral), há uma diminuição dos ácidos orgânicos e um acúmulo de açúcares livres, principalmente glicose, frutose e sacarose, devido à hidrólise da própria sacarose, do amido, da pectina e de outros polissacarídeos (FERRI, 1985; SALINAS, 2002). A pectina é um polímero com predomínio de ácido galacturônico sendo, todavia, interrompida por regiões ricas em açúcares neutros – ramnose, arabinose, galactose, glicose, xilose e manose (GARNA et al., 2003). Quanto ao conteúdo de ácidos orgânicos, esse varia de um tipo de fruto a outro, em um mesmo vegetal, segundo o grau de desenvolvimento ou maturação (GOODWIN; MERCER, 1983; SALINAS, 2002). Isso explica em parte porque a acidez do cúbio (*S. sessiliflorum* Dunal) maduro não diminui, permanecendo inaceitável para o consumo humano *in natura*.

OLIVEIRA; ANDRADE (1997) demonstraram que frutos de cúbio armazenados em atmosfera ambiente e atmosfera modificada não sofreram alteração no pH durante 16 dias pós-colheita; tendo a acidez apresentado um pequeno aumento inicial, acompanhado de decréscimo nos dias seguintes.

Os carboidratos são as moléculas orgânicas mais abundantes na natureza, sendo primariamente destinadas à reserva de energia na maioria dos organismos vivos – amido nos vegetais e glicogênio nos animais (RAVEN et al., 2001). Mais especificamente, 95% da biomassa produzida na natureza são formadas de carboidratos – 200 bilhões de toneladas – alguns existindo praticamente puros, como a sacarose (dissacarídeo equimolecular de 50% de glicose e 50% de frutose), a glicose, a frutose, o amido e a celulose (KRAUSE; MAHAN, 1985; FERREIRA et al., 2001). Na ontogenia dos frutos, o principal açúcar utilizado é a sacarose, a qual, antes de atingir os cotilédones, passa pelo pericarpo e tegumentos, sendo nesses hidrolisada por invertases (EC 3.2.1.26) mais do que por sacarose sintase (EC 2.4.1.13)

nas hexoses glicose (ou aldooxose) e frutose (ou cetoexose), que são liberadas para os processos anabólicos e catabólicos da planta (NASCIMANTO, 1998). Os grupos aldeído e cetona presentes nessas hexoses podem ser oxidados e formar ácidos, ou reduzidos e formar açúcares álcoois (ou poliálcoois), como o manitol, o sorbitol e o dulcitol (MARENCO, 2005).

Estudos de Biologia Molecular têm fornecido base para a existência de sensores de sacarose em nível de genes ligados à estrutura do floema, assim como de sistemas sensores para as hexoses ligados à hexoquinase (EC 2.7.1.1) celular (SMEEKENS, 2000). Dessa maneira os açúcares são translocados pelo floema das regiões fotossintetizantes para as não-fotossintetizantes, nutrindo toda a planta, e os frutos em particular (MODESTO; SIQUEIRA, 1981).

Assim sendo, ORNELLAS (2001) classificou os frutos de acordo com o seu substrato energético mais abundante, os açúcares, em A (5%), B (10%), C (15%) e D (20%), ou simplesmente agrupados em A (5-10%) e B (15-20%). O cúbio está classificado dentre os frutos do grupo A e é por isso considerado um fruto hipocalórico (ORNELLAS, 2001).

Não obstante, dados concernentes ao metabolismo intermediário do cúbio (níveis de frutose, de glicose), em diferentes estádios de maturação, ainda não estão totalmente esclarecidos e constituíram parte deste trabalho. Esse conhecimento ainda não está disponível porque as investigações se concentraram mais no fruto com amadurecimento comercial (**Tabela 8**) e em solanáceas mais conhecidas (**Tabela 9**).

Entretanto, o conhecimento das diferentes frações de açúcares é necessário devido às implicações desses monossacarídeos em doenças comuns, mas de prognóstico reservado, como o diabetes *mellitus* e (ou) as dislipidemias (ANDRADE JÚNIOR, 2004; BARREIROS et al., 2005; BASCIANO et al, 2005).

Tabela 8. Mudanças físico-químicas do cúbio armazenado em diferentes condições atmosféricas

Dias pós-colheita	Umidade (%)		Acidez (%)		Sólidos solúveis (°Brix)		pH		Relação Brix/acidez	
	AA	AM	AA	AM	AA	AM	AA	AM	AA	AM
4	88,58	90,86	0,57	0,38	3,56	5,56	4,56	4,03	6,24	14,63
8	94,77	94,6	0,63	0,55	6,54	6,24	4,16	4,00	9,90	11,34
12	91,40	90,06	0,63	0,38	6,56	6,56	3,48	3,60	10,41	17,26
16	80,05	88,90	ND	0,64	ND	6,56	ND	3,90	ND	10,25
20	92,48	92,29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

FONTE: COELHO; ANDRADE (1998)

NOTA: AA: Atmosfera ambiente. AM: Atmosfera modificada. ND: Não determinado.

O grau de doçura inferido pela relação Brix/acidez foi maior em cúbios mantidos em AM do que em AA

Tabela 9. Exemplos do teor em sacarose de solanáceas muito consumidas

FRUTOS MADUROS	SACAROSE
Batata (mg por 100 g)	0,1
Berinjela (g por 100 g)	0,6
Pimenta (mg por 100 g)	3,0
Tomate cv 'M-82' (mg por 100g)	1,1

FONTE: KRAUSE; MAHAN (1985); MIRON; SCHAFFER (1991)

Assim sendo, o delineamento experimental deste trabalho teve por objetivo verificar o efeito de quatro estádios de maturação de frutos de cúbio (*S. sessiliflorum* Dunal) sobre a sua composição em ácidos e açúcares.

3.2 Material e métodos

Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM), pertencente ao INPA. Essa área de plantio tem características geológicas de várzea, sendo estas mais férteis do que aquelas de

terra firme (ALFAIA; OLIVEIRA, 1997; GUERRA; GUERRA, 2003; NORONHA, 2003, SOUSA et al., 2004).

O caráter qualitativo desse experimento foi intencional; os frutos foram deliberadamente escolhidos para pertencer a quatro estádios de maturação (verde, de vez, maduro e muito maduro), obedecendo à metodologia descrita por LEITE (2002).

No mesmo dia da colheita, os frutos foram transportados em contentores plásticos para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da CPTA (INPA), onde todos os experimentos foram desenvolvidos. Os frutos foram então selecionados quanto à presença de injúrias (critério de exclusão) ou à sua ausência (critério de inclusão) e ao caráter sadio (critério de inclusão) ou não (critério de exclusão), totalizando uma amostra de 70 frutos, com uma média de peso de 203 g. Em seguida, eles foram lavados com água corrente e secos à temperatura ambiente (22° C). Uma porção do material integral (casca, polpa e placenta) foi homogeneizada por trituração em liquidificador ARNO® e imediatamente utilizada para análises físico-químicas (pH, acidez, sólidos solúveis). Outra porção do material integral triturado foi congelada para análises posteriores (açúcares redutores totais, frutose, sacarose). Cada índice de maturação supracitado foi testado em triplicata, sendo a metodologia detalhada a seguir.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido diretamente por peagômetro QUIMIS®, tendo sido previamente calibrado com soluções de 4,01; 6,86; 9,18.

Os sólidos solúveis foram analisados por refratômetro de bancada com termômetro acoplado, de modelo OPTRONICS®, a partir de suco de cúbio integral obtido por trituração e em seguida por prensagem em fina camada de algodão. Os resultados foram corrigidos para 20° C, conforme metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

A acidez titulável foi medida a partir de 0,5 g de cúbio integral triturado, adicionado de 50 mL de água destilada e uma gota do indicador fenolftaleína. A titulação foi realizada

com NaOH 0,1 N até o ponto de viragem (coloração rósea clara). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, de acordo com WOODS; AURAND (1977).

A relação Brix/acidez foi calculada pela razão entre a concentração de sólidos solúveis corrigidos e a acidez titulável expressa em percentagem de ácido cítrico (CHITARRA; CHITARRA, 1990; SILVA FILHO, 2000).

Os açúcares redutores foram extraídos por água destilada na proporção de 0,5 g de cúbio integral triturado para 100 mL, e quantificados com base em leituras de absorvância em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, feitas a 510 nm, conforme metodologia de SOMOGYI adaptada por NELSON (1944), e descrita por SOUTHGATE (1991). A glicose (MERCK®) foi usada para a curva padrão.

A frutose foi extraída por água destilada a partir de 0,5 g de cúbio integral triturado para 100 mL, separada em uma fase aquosa pelo álcool amílico (REAGEN®) apolar, e lida a 640 nm em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, conforme metodologia de RIBEREAU-GAYON; PEYNAUD (1966). A curva padrão foi feita com frutose p.a.

O conteúdo de glicose da amostra foi calculado pela diferença entre a concentração de açúcares redutores mensurados e aquela de frutose.

A determinação dos açúcares não-redutores (sacarose) foi efetuada por hidrólise ácida (HCl) sob aquecimento, utilizando-se em seguida a mesma metodologia de SOMOGYI adaptada por NELSON (1944) para açúcares redutores totais, segundo SOUTHGATE (1991) e MELO et al., (1998).

O valor energético dos açúcares totais foi calculado utilizando-se um fator 4 que multiplica os valores determinados dando o equivalente em energia (MENDEZ et al., 1995).

Os dados obtidos foram analisados por métodos de estatística descritiva, correlação e regressão, utilizando o software geral Microsoft® Office Excel 2003, e o software de

estatística específico SPSS® – *Statistical Product and Service Solutions*, versão 13.0 (VIEIRA; WADA, 1986; FERREIRA, 2000).

Neste estudo optou-se por aplicar o teste de regressão múltipla, pois todas as variáveis foram testadas em relação aos estádios de maturação do fruto. Entretanto, este modelo foi da seguinte forma: $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2$, onde a é conhecida como o intercepto (variável dependente) e b_i é a inclinação (variável independente). O teste de hipótese foi $H_0 = b_1 = b_2 = 0$ (no qual não existiria relação entre x e y); H_1 = pelo menos um b_i seria diferente de zero.

3.3 Resultados e discussão

A literatura especializada é unívoca em salientar o pH, a acidez titulável, os sólidos solúveis e a relação Brix/acidez, como os quatro principais índices físico-químicos de maturação dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 1990; PRETEL et al., 1993; KETSA; DAENGGANIT, 1999; SERRANO et al., 2001; ZUZUNAGA et al., 2001).

De modo geral, observou-se que as variáveis – estádios do fruto, peso médio por estádio, sólidos solúveis, açúcares redutores e açúcares totais – não possuem elemento modal; o coeficiente de variação dos dados sendo maior nos estádios dos frutos (variação, dispersão dos dados) com 51,6%. Nas demais variáveis, não houve dispersão significativa quanto à assimetria (cauda), verificando-se que apenas a variável do estádio de maturação do fruto possuiu uma curva simétrica (**APÊNDICE B**), enquanto as variáveis de peso, açúcares redutores e açúcares totais possuíram curvas assimétricas à esquerda, enquanto as demais, curvas assimétricas à direita. Quanto ao afilamento (curtose), pode-se dizer que todas, exceto o estádio do fruto, possuíram curva de frequência platicurtica (mais achatada que a curva da função de distribuição de probabilidade normal). Essa variação na simetria dos dados não invalida os resultados e tem por fim tão-somente estudar o seu comportamento.

Os resultados da análise de regressão múltipla estão expostos na **Tabela 10**. Pelos dados desta tabela, verificou-se que o coeficiente de determinação de todos os modelos foram superiores a 90%, o que demonstra uma confiabilidade no modelo da reta para explicar a relação entre as variáveis.

Tabela 10. Modelo linear de regressão de múltiplas variáveis relativo aos açúcares em quatro estádios de maturação do cúbio

Variável	Coeficiente de determinação (R^2)	Teste t		I.C. (95%)		Rejeição ou aceitação de H_0	Modelo de regressão da reta ajustada
		b_1	b_2	b_1	b_2		
1º modelo	0,995	12,138	-4,168	(-0,017; 0,741)	(-0,021; 0,010)	Rejeita	$\hat{y} = 7,035 + 0,362x_1 - 0,005x_2$
2º modelo	0,998	11,456	-6,541	(-0,022; 0,419)	(-1,094; 0,350)	Rejeita	$\hat{y} = 7,342 + 0,199x_1 - 0,372x_2$
3º modelo	0,999	8,569	-8,667	(-0,072; 0,370)	(-69,899; 13,210)	Rejeita	$\hat{y} = 7,871 + 0,149x_1 - 28,344x_2$
4º modelo	0,986	2,074	-2,990	(-0,144; 24,769)	(-40,014; 24,769)	Rejeita	$\hat{y} = 1,030 + 0,028x_1 - 7,622x_2$

$P(0,05)$ ou $\alpha = 0,05$

NOTA: Detalhamento dos modelos

1º modelo: y = sólidos solúveis, = estádios do fruto e x_2 = média do peso.

2º modelo: y = sólidos solúveis, x_1 = estádios do fruto e x_2 = açúcares redutores.

3º modelo: y = sólidos solúveis, x_1 = estádios do fruto e x_2 = açúcares totais.

4º modelo: y = proteínas, x_1 = estádios do fruto e x_2 = açúcares totais.

A acidez titulável do cúbio aumentou do estágio de fruto verde ao de fruto muito maduro, ao passo que o pH diminuiu (**Figura 17**). A máxima segundo a qual os vegetais constituem uma amostra das características do solo onde crescem deve ser interpretada com cautela, porquanto as características biológicas de cada planta determinam o seu perfil bioquímico final (SALINAS, 2002). A acidez do solo varia segundo a localização geográfica e a profundidade do solo avaliada (FAGÉRIA et al., 1994). A maioria dos solos de várzea – do Paraná ao Maranhão – é ácida, o que limita a produção agrícola, por exemplo, de arroz

(*Oryza sativa* L.), necessitando correção por calagem (FAGÉRIA et al., 1994; FAGERIA; SANTOS, 2004). Na Amazônia Central, os rios que inundam as várzeas têm uma composição hidroquímica rica em minerais suspensos em pH neutro (MAIA; CHALCO, 2002). A concentração hidrogeniônica no ambiente da planta é um dos mais importantes fatores que determinam sua nutrição e distribuição, ainda assim, e a despeito dessa neutralidade regional do solo, o cúbio é altamente ácido (SILVA FILHO et al., 1989; LARCHER, 2000).

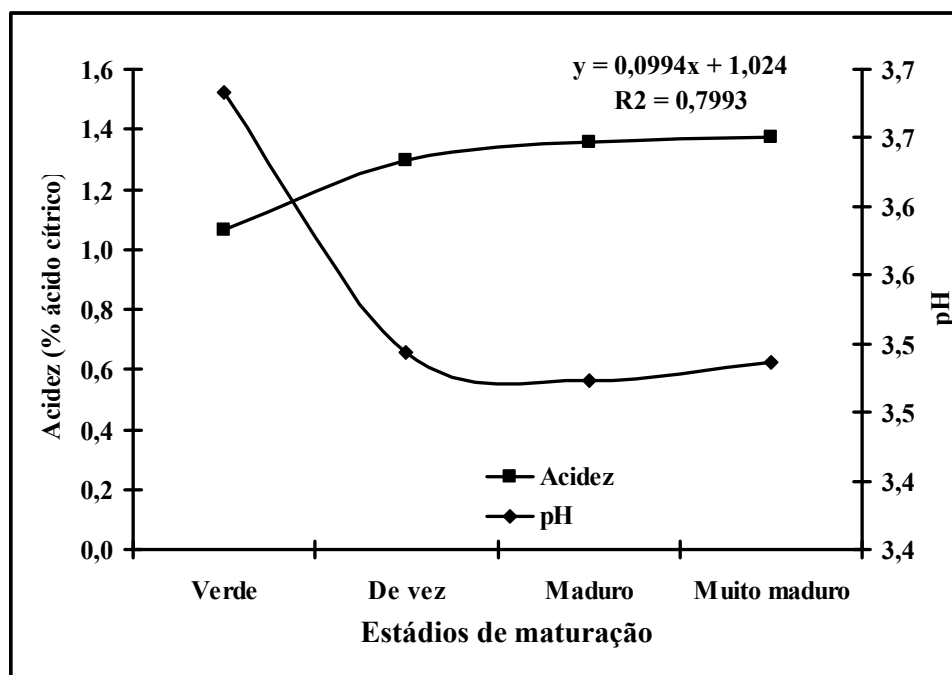


Figura 17. Comportamento da acidez titulável e do pH em quatro estádios de maturação do cúbio

Os sólidos solúveis (**Figura 18**), expressos em °Brix, aumentaram, em parte, devido ao aumento dos ácidos orgânicos, como mostra a relação Brix/acidez. A relação Brix/acidez, por sua vez, reflete o grau de doçura do fruto que, no caso do cúbio, mostrou-se baixo (**Figura 19**). Esse aspecto é de grande importância na indústria alimentícia, que prioriza frutos com maior grau de doçura.

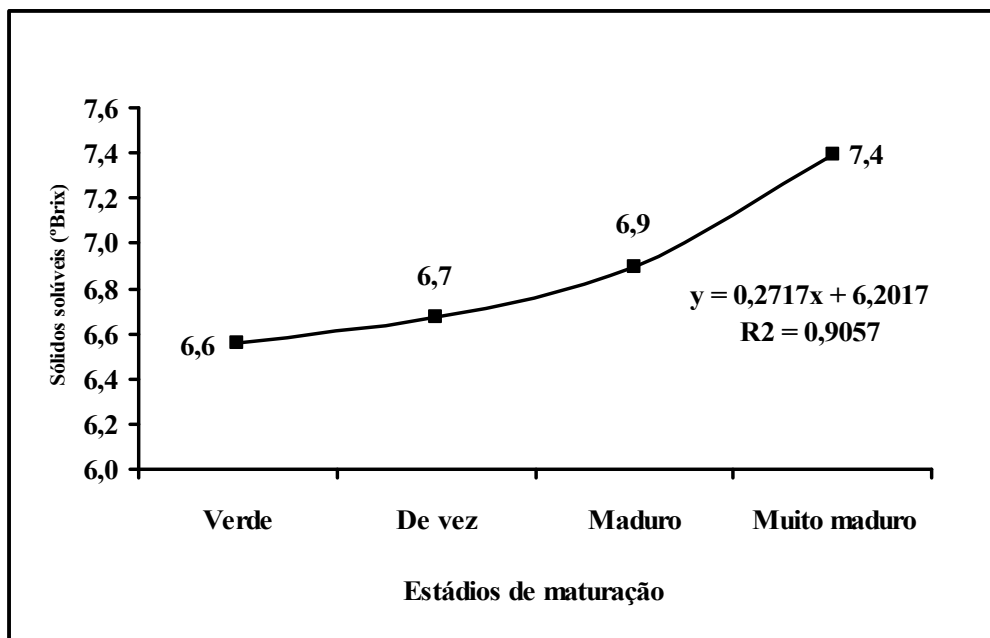


Figura 18. Evolução dos sólidos solúveis em quatro estádios de maturação do cúbio

Todos esses resultados estão próximos daqueles apresentados na **Tabela 7**, os quais, em termos de sabor, caracterizam o cúbio como um fruto fortemente ácido em todos os estádios de maturação aqui estudados (COELHO; ANDRADE, 1998).

Estudando o metabolismo dos açúcares em cultivares de tomate, BAXTER et al. (2005) concluíram que o aumento progressivo acentuado dos sólidos solúveis deu-se às expensas do aumento da atividade da invertase sobre a sacarose, com aumento da glicose e menor participação do aspartato e da alanina. Conforme GOODWIN; MERCER (1983), a alanina aumenta o conteúdo em açúcares da planta por meio da neoglicogênese. Sendo a família Solanaceae comum ao tomate (*L. esculentum* Mill.) e ao cúbio (*S. sessiliflorum* Dunal), é lícito entrever semelhanças nesse mecanismo de aumento dos sólidos solúveis.

Além disso, apesar da forte acidez do cúbio, este não é descrito na literatura como um fruto cítrico, reservando-se este qualificativo para frutos da família Rutaceae, como o limão (*Citrus limon* (L.) Burm. f.), a laranja (*Citrus aurantium* L.), dentre outros.

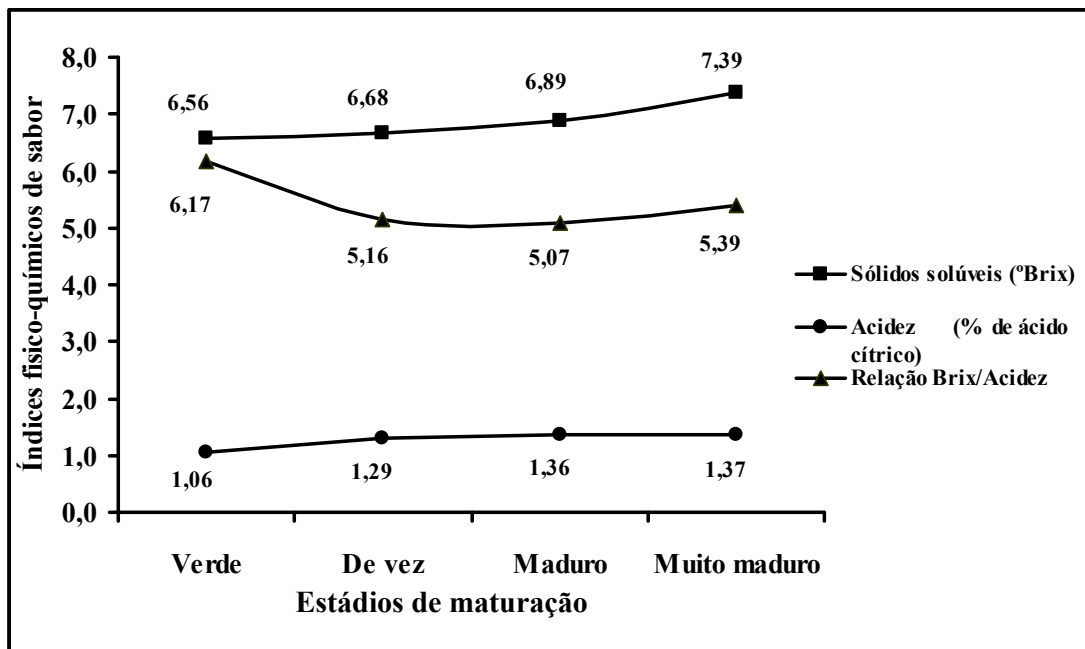


Figura 19. Índices físico-químicos de sabor em quatro estádios de maturação do cúbio

Ademais, não há publicações comparando os níveis das diferentes frações de ácidos orgânicos totais (málico, hidroxicítrico, tartárico, oxálico) nos diferentes estádios de maturação do cúbio, como existente para outros frutos, ficando esse ponto como sugestão para investigações futuras (JENA et al., 2002; SALINAS, 2002; JAYAPRAKASHA et al., 2003).

Os açúcares redutores totais (**Figura 20**) alcançaram um valor máximo (2,91 g por 100 g) no estágio de fruto de vez, sendo a glicose (2,72 g por 100 g) o açúcar redutor predominante nesse mesmo estágio em relação à frutose (0,20 g por 100 g), cujo nível mais alto revelou-se no estágio de fruto verde (0,50 g por 100 g). A sacarose mostrou-se baixa (0,05 g por 100 g) – em nível de “traços” – nos quatro estádios de maturação estudados, estando o seu perfil semelhante àquele de outras solanáceas, e de acordo com o seu papel de principal dissacarídeo fornecedor de glicose e frutose para o metabolismo energético do fruto (KRAUSE; MAHAN, 1985; NASCIMENTO et al., 1998).

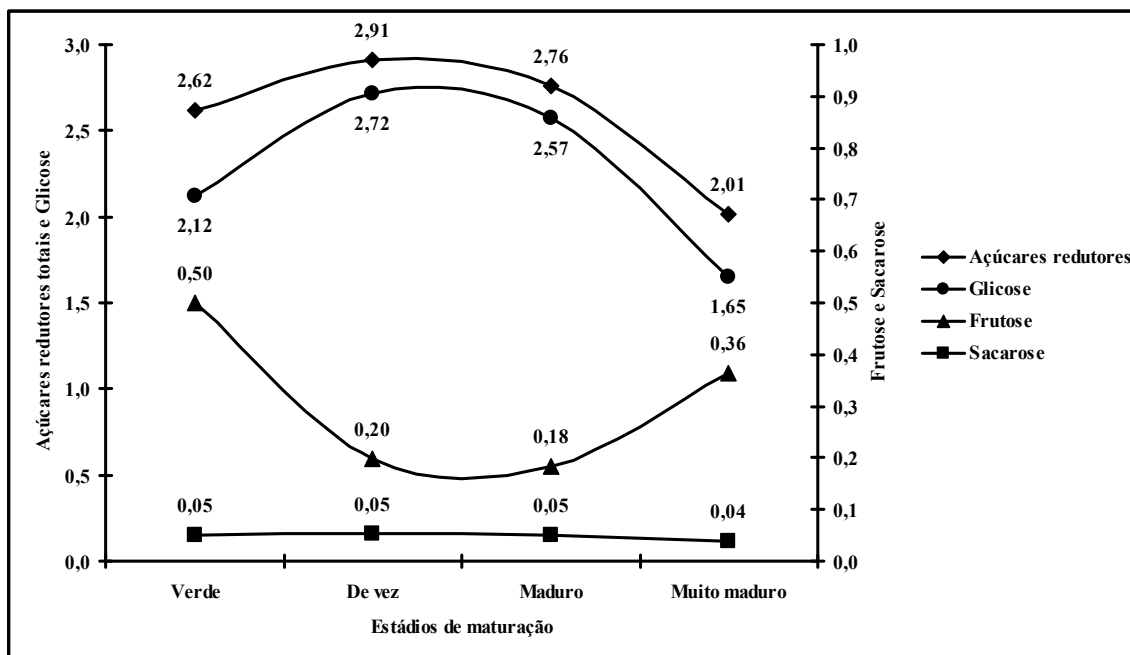


Figura 20. Evolução dos açúcares em quatro estádios de maturação do cúbio

Segundo GIVAN (1999), o metabolismo dos açúcares na célula vegetal é complexo e compartimentado, envolvendo o citosol, onde a sacarose se desdobra em glicose e frutose sob a ação da invertase, dando início à glicólise. A partir desta etapa, e sob a ação de 22 outras enzimas, ocorre a formação de outros metabólitos nos vacúolos (piruvato), nas mitocôndrias (cadeia respiratória e biossíntese de ácidos orgânicos) e nos plastídios (biossíntese de ácidos graxos e outras vias metabólicas).

No ser humano existem 12 transportadores de glicose ou GLUTs, do inglês *Glucose Transporters*, sendo o GLUT5 aquele específico do transporte de frutose da luz intestinal para o enterócito, e daí para a corrente sanguínea (MAHRAOUI et al., 1994; BARREIROS et al., 2005; NELSON; COX, 2005). Uma vez no fígado, glicose e frutose podem ser reconvertidas uma à outra, sendo ambas precursoras de triglicerídeos, à diferença que a glicose depende da ação insulínica e a frutose não (BARREIROS et al., 2005; BASCIANO et al., 2005; HAVEL, 2005). O aumento dos triglicerídeos é considerado um fator pré-receptor de resistência à ação

da insulina (principal hormônio hipoglicemiante), agravando a síndrome plurimetabólica do diabetes *mellitus* do tipo 2 – o mais comum (BASCIANO et al., 2005; HAVEL, 2005).

A glicose normal situa-se entre 70,00-99,00 mg por dL de sangue circulante, e em indivíduos normais, é necessário ingerir 10 g de carboidratos para aumentar 30 mg de glicose por dL de sangue circulante (CHANTELAU et al., 1987; ANDRADE JÚNIOR, 1994, 1996). Assim sendo, no que concerne aos níveis de açúcares constatados no cúbio, não há qualquer fundamentação científica prevendo uma alteração dos níveis de glicose e de triglicerídeos circulantes após a sua ingestão (à exceção da hipertrigliceridemia maciça, com triglicerídeos \geq 1.000 mg por dL, na qual apenas água é oferecida ao paciente até normalização do quadro clínico e laboratorial). O consumo do cúbio por diabéticos é, por conseguinte, e em princípio, anódino no que tange à ação precursora dos açúcares na produção de gorduras hepáticas.

3.4 Conclusão

Todos os índices físico-químicos associados ao sabor do fruto – pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação Brix/acidez – mostraram um aumento linear pequeno nos quatro estádios estudados, caracterizando o cúbio como um fruto fortemente ácido e com baixo grau de doçura. Os níveis de açúcares nos quatro estádios de maturação do cúbio permaneceram baixos, apesar de apresentarem pouca importância energética. O estádio de fruto muito maduro mostrou-se aquele com menor teor em açúcares, podendo ser o de escolha para a prescrição dietética criteriosa (indivíduos diabéticos com ou sem obesidade complicada por hipertrigliceridemia leve – níveis de triglicerídeos \geq a 150 mg por dL de sangue circulante).

3.5 Referências

ANDRADE JÚNIOR, M.C. de. Berinjela: que antecedente familiar terrível! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 48, p. 572-674, 2004.

_____. Aspectos do comportamento alimentar nas desordens glicêmicas. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 53, p. 749-750, 752-755, 1996.

_____. Educação, auto-acompanhamento e autocontrole de pacientes com diabetes “mellitus”. **Jornal Brasileiro de Medicina**, v. 66, p. 125-126, 1994.

BARREIROS, R.C.; BOSSOLAN, G.; TRINDADE, C.E.P. Frutose em humanos: efeitos metabólicos, utilização clínica e erros inatos. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 377-389, 2005.

BASCIANO, H.; FEDERICO, L.; ADELI, K. Fructose, insulin resistance, and metabolic dyslipidemia. **Nutrition & Metabolism**, v. 2, n. 5, p. 1-14, 2005.

BAXTER, C.J. Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of tomato with increased fruit soluble solids. **Plant Cell Physiology**, v. 46, n. 3, p. 425-37, 2005.

CHANTELAU, E.; SPRAUL, M.; ROBERTSON, P. Glycemic responses to carbohydrates. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p. 702-703, 1987.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

COELHO, E.G.; ANDRADE, J.S. Mudanças físico-químicas dos frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) armazenados em atmosfera modificada e refrigeração. In: **VII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA, CNPq**, 1998, Manaus, 236, p. 210-212.

FAGERIA, N.K.; DOS SANTOS, A.B. Cultivo do arroz irrigado no estado de Tocantins. **Sistemas de Produção. Embrapa arroz e feijão**, n. 3, versão eletrônica, 2004.

_____; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 267-274, 1994.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

FERREIRA, V.F.; SILVA, F.C.; PERRONE, C.C. Sacarose no laboratório de química orgânica de graduação. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 905-907, 2001.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985, v. 1. 362 p.

GARNA, H. et al. Combined enzymatic hydrolysis and HPAEC method for simultaneous analysis of galacturonic acid and neutral sugars of pectin. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 68 (2 Pt A), p. 297-300, 2003.

GIVAN, C.V. Evolving concepts in plant glycolysis: two centuries of progress. **Biological Research**, v. 74, p. 277-309, 1999.

GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. 677 p.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

HAVEL, P.J. Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 5, p. 133-157, 2005.

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

JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S.; SAKARIAH, K.K. Improved liquid chromatographic method for determination of organic acids in leaves, pulp, fruits, and rinds of *Garcinia*. **Journal of AOAC International**, v. 86, p. 1063-1068, 2003.

JENA, B.S.; JAYAPRAKASHA, G.K.; SAKARIAH, K.K. Organic acids from leaves, fruits, and rinds of *Garcinia cowa*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, p. 3431-3434, 2002.

KETSA, S.; DAENGGANIT, T. Firmness and activities of polygalacturonase, pectinesterase, β -galactosidase and cellulase in ripening durian harvested at different stages of maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 80, p. 181-188, 1999.

KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1985. 1052 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000, 531 p.

LEITE, F. **Validação em análise química**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2002. 278 p.

MAHRAOUI, L. et al. Regulation of expression of the human fructose transporter (GLUT5) by cyclic AMP. **The Biochemical Journal**, v. 301, p. 169-175, 1994.

MAIA, L.A.; CHALCO, F.P. Produção de frutos de espécies da floresta de várzea da Amazônia Central importantes na alimentação dos peixes. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 1, p. 45-54, 2002.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005, 451 p.

MELO, W.J.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, V.P. **Carboidratos**. Jaboticabal: Funep, 1998, 214 p.

MENDEZ, M.H.M.; DERIVI, S.C.N.; RODRIGUES, M.C.R.; FERNANDES, M.L. **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995. 41 p.

MIRON, D.; SCHAFFER, A. Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase activities in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill. and the sucrose accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl. **Plant Physiology**, v. 95, p. 623-627, 1991.

MODESTO, Z.M.M.; SIQUEIRA, N.J.B. **Botânica**. São Paulo: EPU, 1981.

NASCIMENTO, R. do et al. Distribuição de amido, açúcares solúveis e atividades de invertases em explantes de soja sob várias concentrações de sacarose e diferentes fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 2, p. 125-130, 1998.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 4. ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2005. 1119 p.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OLIVEIRA, A.P. de; ANDRADE, J.S. Fisiologia pós-colheita do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal): aspectos bioquímicos do escurecimento pela ação da polifenoloxidase. In: **VI Jornada de Iniciação Científica do INPA, CNPq, PIBIC**, 1997, Manaus, 234, p. 194-197.

ORNELLAS, L.H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 7. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 330 p.

PRETEL, M.T.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ, G.; RIQUELME, F.; ROMOJARO, F. Influence of films of different permeability on ethylene synthesis and ripening of MA-Packaged Apricots. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 26, p. 8-13, 1993.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001. 906 p.

RIBEREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E. **Analisi e controllo dei vini**. Bologna: Edizioni Agricole Bologna, p. 221-222, 1966.

SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SERRANO, M.; PRETEL, M.T.; BOTELLA, M.A.; AMORÓS, A. Physicochemical changes during date ripening related to ethylene production. **Food Science and Technology International**, v. 7, p. 31-36, 2001.

SILVA FILHO, D.F. da. Cúbio (*Solanum sessiliflorum*). In: CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. (eds). **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000, p. 176-183.

_____ et al. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G. de; FONSECA, O.J.M. eds. **Dois décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997, 332. p. 19-58.

_____; CLEMENT, C.R.; NODA, H. Variação fenotípica em frutos de doze introduções de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) avaliados em Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 19, p. 9-18, 1989.

SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 49-81, 2000.

SOUSA, F.M.G.; COELHO NETO, R.A., SILVA FILHO, D.F. da. Problemas fitossanitários do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no estado do Amazonas. In: **XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, CNPq, FAPEAM, INPA**, 2004, Manaus, 355, p. 187-188.

SOUTHGATE, D.A.T. **Determination of food carbohydrates**. London: Elsevier Applied Science, 1991, 231 p.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

WOODS, A.E.; AURAND, L.W. **Laboratory manual in food chemistry**. United States of America: The Avi Publishing Company, Inc., 1997.

ZUZUNAGA, M.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; RIQUELME, F. Comparative study of two plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars during growth and ripening. **Food Science and Technology International**, v. 7, p. 123-130, 2001.

4 FIBRAS DIETÉTICAS E ENZIMAS PECTINOLÍTICAS DO CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

As fibras são alimentos vegetais com função nutritiva complexa e preventiva de doenças crônico-degenerativas, como o diabetes *mellitus* do tipo 2 e (ou) a obesidade, o que as situa na categoria dos nutracêuticos. O delineamento experimental deste trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes estádios de maturação de frutos de cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) sobre as fibras dietéticas e as atividades pectinolíticas totais da pectinesterase (EC 3.1.1.11) e da poligalacturonase (EC 3.2.1.15), nos estádios verde, de vez, maduro e muito maduro. Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA, com características geológicas de várzea. Os frutos integrais (casca, polpa, placenta) foram analisados quanto aos teores de fibras totais, de sólidos insolúveis em álcool e de pectina, e quanto às atividades da pectinesterase e da poligalacturonase. Os sólidos insolúveis em álcool evoluíram paralelamente às pectinas deles obtida. A pectina apresentou um nível máximo (2,54 g por 100 g) no fruto verde, diminuindo até o fruto muito maduro (1,57 g por 100 g), correlacionando-se fortemente com a atividade da pectinesterase (100%) e com aquela da poligalacturonase (100%). O pico de atividade da pectinesterase situou-se no estádio de fruto de vez, ao passo que o pico da poligalacturonase situou-se no estádio de fruto muito maduro. O cúbio é um fruto rico em fibra solúvel (pectina) que pode beneficiar pacientes com doenças metabólicas (diabetes *mellitus* e (ou) dislipidemias, dentre outras).

Palavras-chave: cubiu, sólidos insolúveis em álcool, pectina, pectinesterase, poligalacturonase

DIETARY FIBERS AND PECTIC ENZYMES IN CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) IN DIFERENT STAGES OF RIPENING

ABSTRACT

The fibers are plant foods with complex and preventive nutritional function of chronic-degenerative diseases, such as type 2 diabetes *mellitus* and (or) obesity, what places them in the category of the functional foods. The experimental design of the present work was aimed to verifying the effect of different stages of maturation of the cúbio fruits (*Solanum sessiliflorum* Dunal) on dietary fibers, and the total activity of pectic enzymes pectinesterase (EC 3.1.1.11) and poligalacturonase (EC 3.2.1.15) in the green, turning ripe, ripe, and very ripe stages. The fruits were harvested in the Active Bank of Germoplasm of cúbio of the Experimental Station of Olericulture of Ariaú, in Iranduba (AM, Brazil), belonging to INPA, with geological characteristics of waterlogged soil. The analysis of the integral fruit (rind, fleshy tissue and placenta) consisted of the determination of the total fibers, alcohol-insoluble solids (AIS) and pectin, as well as the total activity of pectinesterase and poligalacturonase. The AIS showed a parallel profile to their derivative pectins. Pectin presented a maximum level (2.54 g per 100 g) in the green fruit, decreasing until the very ripe stage of the fruit (1.57 g per 100 g), but being strongly correlated with the activity of the pectinesterase (100%) and with that of the poligalacturonase (100%). The highest activity of the pectinesterase situated in the turning ripe stage of the fruit, while the highest activity of poligalacturonase situated in the very ripe stage of the fruit. Cúbio is a rich fruit in soluble fiber (pectin) that can benefit patients with metabolic diseases (diabetes *mellitus* and (or) dislipidemias, among others).

Key words: cubiu, alcohol-insoluble solids, pectin, pectinesterase, polygalacturonase

4.1 Introdução

As fibras são constituintes indispensáveis para a estruturação das membranas das células vegetais, encontrando-se principalmente nos cereais, legumes e frutos, e variando em teor global conforme a idade, a proveniência e o grau de maturidade dos vegetais (APFELBAUM et al., 1989).

Dentre as muitas definições genéricas de fibras, uma suficientemente abrangente pode ser extraída de DE ANGELIS (2001), ou seja, aquela segundo a qual as fibras são polissacarídeos de plantas não hidrolisados pelas enzimas do aparelho digestório do ser humano. De acordo com a ADA (*American Dietetic Association*), além do caráter não-hidrolisável *in vivo* da fibra, para essa ser considerada dietética, deve ainda ser industrialmente purificada (ADA, 1981).

Na literatura francófona usa-se a expressão fibra alimentar⁹ – *fibre alimentaire* – para designar o resto do esqueleto das células vegetais resistente à digestão das enzimas humanas (uso esse também encontrado na literatura anglo-americana), considerando haver uma pequena parcela de fibras degradada pela flora cólica (LAMISSE et al., 1987; APFELBAUM et al., 1989).

Na realidade, ingestões elevadas de fibras reduzem as concentrações sanguíneas de glicose e de lipídios, aumentam a sensibilidade à insulina, diminuem a pressão sanguínea e ajudam no controle do peso corporal (PEDÓ, 2000; DE ANGELIS, 2001).

De modo geral, os alimentos servem para nutrir e os nutrientes são as substâncias contidas nos alimentos dos quais os organismos vivos devem obter o seu sustento e crescimento (BURLINGAME, 2001). No que tange aos vegetais, as fibras não são

⁹ Fibra crua é uma expressão que designa mais propriamente o método capaz de extrair o resíduo seco não-combustível após digestão com soluções ácidas e básicas, p. ex., H₂SO₄ e NaOH, respectivamente (ADA, 1981; SABIONI, 1989; SOUTHGATE, 1991).

propriamente nutrientes, mas enquadram-se na definição de alimentos funcionais (ou nutracêuticos), i.e., substâncias biologicamente ativas com efeitos benéficos sobre a saúde, proporcionando, além das funções nutricionais básicas (via ciclo hormonal gástrico, entérico, pancreático e hepático da alimentação), a redução de doenças crônico-degenerativas, a exemplo do diabetes *mellitus* e (ou) das dislipidemias, dentre outras (PEREZ et al., 2000; TAIPINA et al., 2002; ANDRADE JÚNIOR, 2004). Nesse sentido, CUMMINGS et al. (2004) foram mais pragmáticos ao ressaltarem que os benefícios das fibras provêm unicamente de seus efeitos físicos no intestino.

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) vem despertando o interesse de pesquisadores oriundos dos mais diversos domínios científicos, dentre outros motivos, devido a seu rico percentual em fibras dietéticas. YUYAMA et al. (2002) quantificaram as frações solúveis, insolúveis e totais de fibras presentes em diferentes populações de cúbio, e os valores diferiram segundo o tecido (casca, polpa, placenta) e a proveniência regional amazônica, havendo, todavia, maior teor em todas as frações na casca do fruto.

Substâncias pécticas constituem uma expressão no plural compreendendo heteropolissacarídeos (pectinas) provenientes das paredes das células vegetais, consistindo principalmente de um arcabouço (polímero) no qual predominam monômeros (ou resíduos) de ácido galacturônico atrelados por ligações alfa-(1→4) (GARNA et al., 2003). Essas ligações são interrompidas por regiões ricas em açúcares neutros: ramnose, arabinose, galactose, glicose, xilose e manose (GARNA et al., 2003). Importa notar que, com exceção da glicose e da manose, todos esses açúcares são também constituintes dos sólidos insolúveis em álcool (uma característica físico-química importante), inclusive a ribose (BROWN; STEIN, 1977).

Especialmente nos microrganismos e plantas, existem também as enzimas pécticas (ou pectinolíticas), envolvidas no metabolismo intermediário daquelas substâncias, em especial as pectinesterases ou simplesmente PE (EC 3.1.1.11) e as poligalacturonases ou PG – EC

3.2.1.15 (BRAVERMAN, 1967; DE ANGELIS, 2001; NC-IUBMB Enzyme Nomenclature, 2005).

A pectinesterase catalisa a remoção de grupos metoxilas (CH₃-O-) da molécula de pectina e de ácido pectínico para darem ácido péctico¹⁰; ocorrendo nos tecidos da maioria das plantas (tomate, laranja) e podendo ser produzidas por microrganismos (GAVA, 2002).

Já a poligalacturonase ocasiona a quebra aleatória das ligações glicosídicas 1,4-a-D-galactosidurônicas das substâncias pécticas para darem finalmente o ácido galacturônico; sendo enzimas igualmente encontradas nos vegetais superiores e podendo ser produzidas por microrganismos, como detalhado na **Tabela 11** (GAVA, 2002).

Tabela 11. Características funcionais e físico-químicas da pectinesterase (PE) e da poligalacturonase (PG)

Enzimas	Classificação funcional segundo a NC-IUBMB ¹¹	Isoformas	pH ótimo (variável)	Temperatura ótima (variável)
PE	Hidrolases (EC 3.) agindo sobre ligações éster (EC 3.1) carboxílicas (EC 3.1.1.11)	PE1	5,0	45 °C (<i>Rhizopus stolonifer</i>)
		PE2	(PE comercial,	
		PE3	faixa de 2,0-6,5)	
PG	Hidrolases (EC 3.) pertencentes ao grupo das glicosidases (EC 3.2.1.15)	PG1 (endo-PG)	3,3	65-70 °C (<i>L. esculentum</i>)
		PG2 (exo-PG)	3,7	
		(atividade PE)	4,3	
		PG3 (endo-PG)	(<i>Musa sp</i>)	

FONTE: DEMAIN; PHAFF, 1957; PATHAK; SANWAL (1998); VAN DEN BROECK ET AL. (2000)

NOTA: As endo-PG hidrolisam preferencialmente as ligações glicosídicas internas, e as exo-PG as ligações terminais (DEMAIN; PHAFF, 1957). pH e temperatura variam conforme a origem (frutos, microrganismos)

O caráter atrativo dos frutos é, sobretudo, devido à sua aparência, a qual está principalmente ligada às cores vivas e ao frescor mantido pela estrutura das células vegetais

¹⁰ Ordem decrescente de ligações éster carboxílicas e de ação preferencial enzimática sobre os substratos: Pectina (75%) > ácido pectínico > ácido péctico (DEMAIN; PHAFF, 1957).

¹¹ *Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology.*

íntegras. Este último aspecto, muito agradável aos consumidores, perde-se com a maturação do fruto, sob a influência de enzimas pectinolíticas, como as pectinesterases e as poligalacturonases (**Figura 21**). A avaliação dessas atividades enzimáticas fornece, juntamente com a quantificação de seu substrato (pectina), fundamento bioquímico para a compreensão do amolecimento excessivo (ou abrandamento) fisiológico a que todos os frutos, inclusive o cúbio, estão submetidos.

A caracterização das enzimas pécticas no amadurecimento fisiológico pós-colheita do cúbio constitui mais um avanço no aproveitamento racional de um fruto que já se mostrou útil no fabrico tecnológico de geléia (MACEDO, 1999), como supramencionado, e de néctar (OLIVEIRA, 1999), além de seu atestado uso culinário empírico pelos nativos do Amazonas.

Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito de estádios de maturação do cúbio sobre as fibras dietéticas, assim como as atividades pectinolíticas totais da pectinesterase e da poligalacturonase.

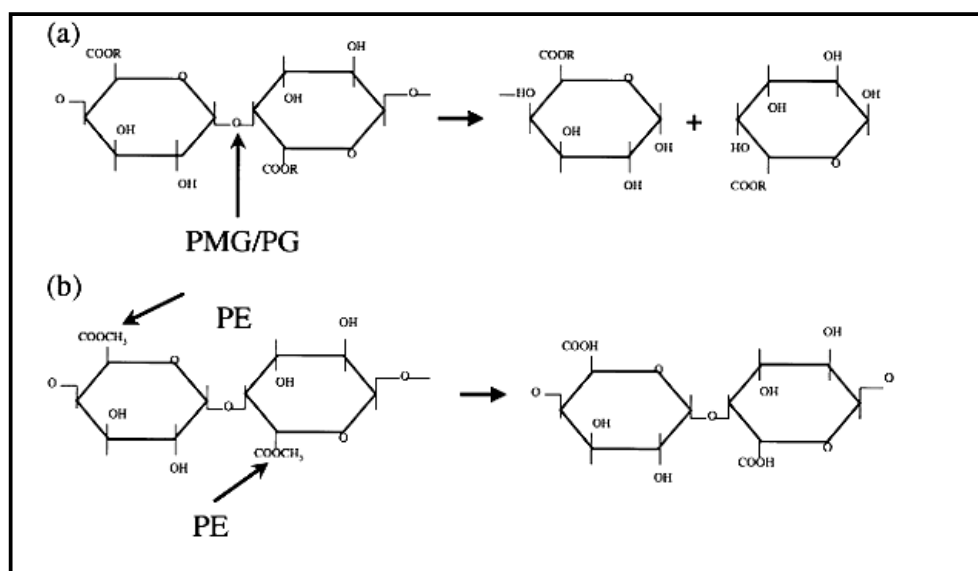


Figura 21. Diferentes tipos de pectinases e seu modo de ação sobre as substâncias pécticas

FONTE: Modificado de GUMMADI; PANDA (2003)

(a): PMG (polimetilgalacturonase); PG (poligalacturonase)

(b): PE (pectinesterase)

NOTA: Pectinase é uma denominação genérica reagrupando várias enzimas com atividade pectinolítica, com aplicações na indústria de frutos e têxteis (GUMMADI; PANDA, 2003)

4.2 Material e métodos

Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA. Essa área de plantio tem características geológicas de várzea, sendo mais férteis do que aquelas de terra firme (GUERRA; GUERRA, 2003; NORONHA, 2003, SOUSA et al., 2004).

O caráter qualitativo desse experimento foi intencional; os frutos foram deliberadamente escolhidos para pertencer a quatro estádios de maturação (verde, de vez, maduro e muito maduro), obedecendo à metodologia descrita por LEITE (2002).

No mesmo dia de colheita, os frutos foram transportados em contentores plásticos para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da CPTA (INPA), onde os experimentos foram conduzidos. Os frutos foram então selecionados quanto à presença de injúrias (critério de exclusão) ou à sua ausência (critério de inclusão), e ao caráter sadio (critério de inclusão) ou não (critério de exclusão), classificados em quatro estádios de maturação (verde, de vez, maduro e muito maduro), totalizando uma amostra de 70 frutos, com uma média de peso de 203 g. Em seguida, eles foram lavados e secos à temperatura ambiente (22° C). Uma porção do material integral (com casca, polpa e placenta) foi homogeneizada por trituração em liquidificador ARNO® e imediatamente utilizada para análises (enzimas pectinolíticas). Outra porção do material integral triturado foi congelada para análises físico-químicas ulteriores (fibras totais, AIS¹², pectinas).

As fibras totais foram determinadas de acordo com metodologia geral descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os sólidos insolúveis em álcool foram quantificados pelo método gravimético descrito por CANTOR et al., (1992). A determinação de pectinas, a

¹² Essa sigla tem vários significados dependendo do contexto científico: em Tecnologia de Alimentos (*alcohol-insoluble solids* – sólidos insolúveis em álcool); em Ginecologia: *adenocarcinoma in situ* – adenocarcinoma in situ; em Endocrinologia: *androgen insensitivity syndrome* – síndrome de insensibilidade androgênica (ROSE et al., 1998; WITKIEWICZ et al., 2005; WANG et al., 2005). Portanto, é mister cautela no seu uso.

partir dos sólidos insolúveis em álcool, com m-hidroxidifenil e ácido galacturônico como padrão, teve absorbância lida em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM® a 520 nm, de acordo com metodologia de AHMED; LABAVITH (1977).

A obtenção do extrato enzimático contendo pectinesterase e poligalacturonase foi realizada de acordo com a técnica descrita por JEN; ROBINSON (1984), a qual consistiu em 100 g de frutos cortados em cubos adicionados a 100 mL de água destilada fria (4° C), e triturados em liquidificador por um min. Em seguida, o homogeneizado resultante foi filtrado em tecido de náilon, cujo resíduo foi suspenso em 100 mL de NaCl a 1 M e novamente triturado em gral por mais um min. O pH da suspensão resultante foi ajustado para 6,0 com NaOH a 1 N e o auxílio de peagômetro QUIMIS®. Após agitação magnética por uma h a 4° C, a suspensão foi filtrada em tecido de náilon, desprezando-se o resíduo e utilizando-se apenas o extrato líquido filtrado para centrifugação (27.000 × g por 15 min a 4° C), obtendo-se, dessa forma, o extrato enzimático.

Para avaliação da atividade da pectinesterase total foi considerado o volume (2 mL) do extrato enzimático necessário, o volume (50 mL) do substrato (1% de pectina cítrica Sigma® diluída em NaCl 0,1 N), a temperatura do substrato (29-30° C), o pH (inicial e final entre 6,99-7,00), o tempo de titulação (30 min). Considerando que a pectinesterase de suco de laranja vermelha foi inativada com um tratamento térmico de 85 °C por 3 min, o branco para cada estágio de maturação foi obtido com inativação térmica a 98° C por 5 min (INGALLINERA et al, 2005). A atividade da pectinesterase foi expressa em μmol por min por g de fruto, segundo a fórmula de LARATTA (1995), modificada por ANDRADE¹³:

$$IU = \frac{(V_S - V_b) \times M_{NaOH} \times f_c \times 1.000}{T \times t} = (\text{mol})$$

Onde:

V_S = NaOH utilizado para titular a amostra (mL),

V_b = NaOH utilizado para titular o branco – extrato enzimático inativo (mL),

M_{NaOH} = Concentração de NaOH (molaridade),

f_c = fator de correção

T = tempo de análise (min)

t = Volume utilizado de extrato enzimático ativo (mL)

¹³ Comunicação pessoal.

A avaliação da atividade da poligalacturonase total foi feita conforme adaptações das metodologias de PRESSEY; AVANTS (1973) e GROSS (1982), também utilizadas por FILGUEIRAS (1996). A atividade foi avaliada por incubação do extrato enzimático (100 μ L) com solução a 0,1% de ácido galacturônico (800 μ L) em tampão acetato de sódio 37,5 mM (100 μ L), pH 5,0 a 30° C por uma hora. A reação foi interrompida em banho-maria fervente seguida por choque térmico frio, e os grupos redutores liberados foram avaliados pela técnica de SOMOGYI modificada por NELSON (1944), utilizando glicose anidra como padrão. Como branco, foi utilizado extrato enzimático termicamente inativo a 98° C por 3 min e incubado nas mesmas condições. Dessa maneira, uma unidade de atividade de poligalacturonase total foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de determinada quantidade de grupos redutores em μ mols por minuto de incubação por g de fruto (PRESSEY; AVANTS, 1973).

Os dados obtidos foram analisados por métodos de estatística descritiva, correlação e descrição, utilizando o software geral Microsoft® Office Excel 2003, e o software estatístico específico SPSS® – *Statistical Product and Service Solutions*, versão 13.0 (VIEIRA; WADA, 1986; FERREIRA, 2000).

4.3 Resultados e discussão

Todas as frações de fibras aqui estudadas apresentaram semelhança no comportamento, ou seja, decréscimo em função da progressão nos estádios de maturação.

Igualmente, o modelo de regressão múltipla aplicado para demonstrar a forte correlação existente entre os quatro estádios de maturação do cúbio e as fibras, ou seja, $y =$ Pectina, $x_1 =$ Estádio do fruto, $x_2 =$ Fibras totais e $x_3 =$ AIS, foi confirmado com um coeficiente de 100%, conforme a **Tabela 12**.

Tabela 12. Modelo de regressão múltipla correlacionando quatro estádios de maturação do cúbio e fibras (fibras totais, AIS e pectina)

Coeficiente de determinação (R^2)	Teste t			I.C. (95%)			Rejeição ou aceitação de H_0	Modelo de regressão da reta ajustada
	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3		
1,000	Rejeita	$\hat{y} = 10,952 - 0,519x_1 + 4,981x_2 - 3,950x_3$

$P(0,05)$ ou $\alpha = 0,05$

NOTA: Este modelo de regressão explica 100% das variáveis. Quando o coeficiente de correlação é de 100%, não existe estatística de teste e Intervalo de Confiança (I.C.).

Essa correlação perfeita pode ser melhor entendida em um gráfico linear mostrando as tendências das três variáveis dependentes (fibras totais, AIS, pectina) em relação às variáveis independentes – estádios de maturação do cúbio (**Figura 22**).

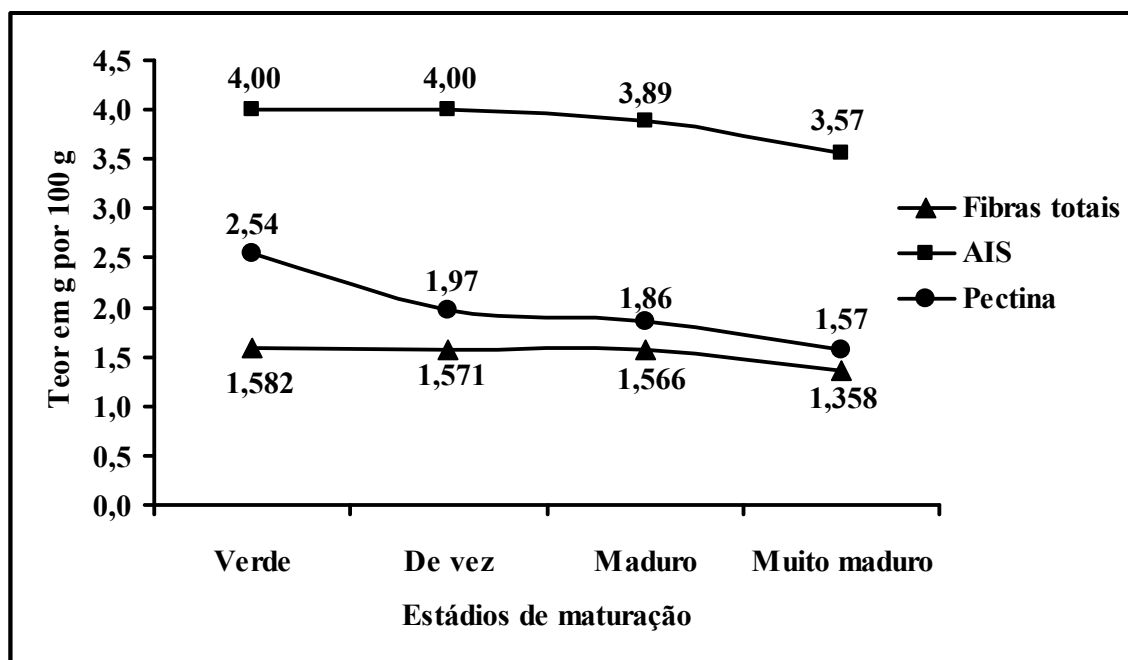


Figura 22. Perfil das fibras dietéticas em quatro estádios de maturação do cúbio

De acordo com SABIONI (1989), o tratamento utilizado na amostra do alimento, com ácidos e álcalis fortes, produz hidrólise da maioria dos constituintes alimentares, tornando-os solúveis e retendo apenas a fração residual não digerida (insolúvel), determinada

gravimetricamente e correspondente ao teor de lignina e celulose (8,91% da fibra dietética total). Já a tendência mais estreita entre AIS e pectina decorre em parte da composição química comum semelhante (fibras solúveis).

Ambas as enzimas pectinesterase e poligalacturonase agem sobre o mesmo substrato, o polímero de ácido galacturônico predominante, ou pectina. Essa ação exerce influência importante na solubilização dos componentes da parede celular vegetal, principalmente na pectina, tornando-a menos propícia à reação de condensação pelo m-hidroxidifenil e seu doseamento; donde os níveis progressivamente mais baixos do fruto verde ao muito maduro (TEIXEIRA et al., 2001a, 2001b)

A despolimerização da pectina durante o amadurecimento de frutos tem sido apresentada como a ação das enzimas pectinolíticas pectinesterase e poligalacturonase, entretanto, estudos têm mostrado que essas enzimas não são as causadoras primárias do amolecimento, estando sua participação nas mudanças da textura dos estádios de maturação final mais evidente (HUBER et al., 2001).

O modelo de regressão múltipla aplicado para demonstrar a correlação existente entre a pectina e a atividade da pectinesterase total, ou seja, $y = \text{Pectina}$, $x_1 = \text{Estádio do fruto}$, $x_2 = \text{PE}$, foi confirmado com um coeficiente de 100%, conforme a **Tabela 13**.

Tabela 13. Modelo de regressão múltipla correlacionando a pectina e a atividade da pectinesterase total

Coeficiente de Determinação (R^2)	Teste t		IC (95%)		Rejeição ou aceitação de H_0	Modelo de Regressão da Reta Ajustada
	b_1	b_2	b_1	b_2		
1,000	Rejeita	$\hat{y} = - 0,340 - 2,878x_1 - 1,180x_2$

$P(0,05)$ ou $\alpha = 0,05$

NOTA: Este modelo de regressão explica 100% das variáveis. Quando o coeficiente de correlação é de 100%, não existe estatística de teste e Intervalo de Confiança (I.C.).

O modelo de regressão múltipla aplicado para demonstrar a correlação existente entre a pectina e a atividade da poligalacturonase total, ou seja, $y = \text{Pectina}$, $x_1 = \text{Estádio do fruto}$, $x_2 = \text{PG}$, foi confirmado com um coeficiente de 100%, conforme a **Tabela 14**.

Tabela 14. Modelo de regressão múltipla correlacionando a pectina e a atividade da poligalacturonase total

Coeficiente de Determinação (R^2)	Teste t		IC (95%)		Rejeição ou aceitação de H_0	Modelo de Regressão da Reta Ajustada
	b_1	b_2	b_1	b_2		
1,000	Rejeita	$\hat{y} = 4,210 - 2,433x_1 + 0,87x_2$

$P(0,05)$ ou $\alpha = 0,05$

NOTA: Este modelo de regressão explica 100% das variáveis. Quando o coeficiente de correlação é de 100%, não existe estatística de teste e Intervalo de Confiança (I.C.).

O pico de atividade da pectinesterase (**Figura 23**) situou-se no estágio de fruto de vez, ao passo que o pico da poligalacturonase situou-se no estágio de fruto muito maduro, assemelhando-se esse perfil de atividade enzimática àquele de outras solanáceas muito consumidas, como a pimentão – *C. annum* L. (JEN; ROBINSON, 1984).

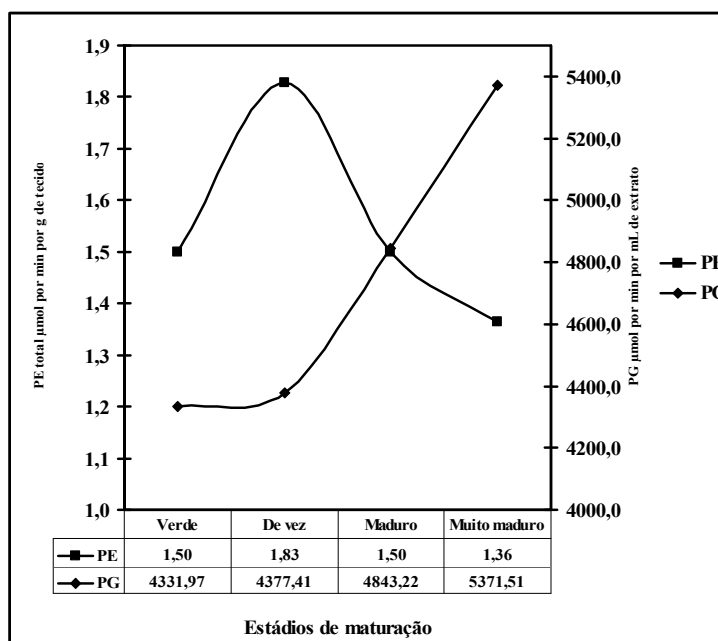


Figura 23. Perfil da atividade da pectinesterase total e da poligalacturonase total em quatro estágios de maturação do cúbio

Apesar da correlação entre a atividade pectinolítica dessas duas enzimas e a despolimerização da pectina ser muito forte, HUBER et al. (2001), insistiram no caráter multifatorial da degradação da pectina durante o amadurecimento.

Enfim, do ângulo agroindustrial, as pectinas muito metoxiladas se prestam melhor para gelificar os alimentos que contêm muitos sólidos solúveis (açúcares), e as pectinas pouco metoxiladas servem melhor para os produtos não-açucarados (THIS, 2003). Não obstante, mais investigações são necessárias para o controle tecnológico preciso dessas enzimas na conservação satisfatória do cúbio.

4.4 Conclusão

As fibras totais, os sólidos insolúveis em álcool e a pectina apresentaram a mesma tendência descendente do estágio de fruto verde àquele de fruto muito maduro, com teores elevados, sobretudo nos estádios iniciais e, portanto, com grande interesse dietético.

A atividade da pectinesterase total, com pico no estágio de fruto de vez, e da poligalacturonase total, com pico no estágio de fruto muito maduro, representa uma contribuição fundamental para a compreensão dessas atividades enzimáticas importantes na indústria alimentícia crescendo em torno do cúbio.

4.5 Referências

ADA. **Handbook of Clinical Dietetics**. West Hanover: ADA/Yale University, 1981. 193 p.

AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronid content. **Journal of Food and Biochemistry**, v. 1, p. 361-365, 1977.

ANDRADE JÚNIOR, M.C. de. Berinjela: que antecedente familiar terrível! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 48, p. 572-674, 2004.

APFELBAUM, M.; FORRAT, C.; NILLUS, P. **Abrégé de diététique et de nutrition**. 2. ed. Paris: Masson, 1989. 473 p.

BRAVERMAN, J.B.S. **Introducción a la Bioquímica de los Alimentos**. Barcelona: Ediciones Omega, 1967. 353 p.

BROWN, H.E.; STEIN, E. Studies on the alcohol-insoluble solids of Chico III and homsted-24 tomatoes. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 25, n.4, p. 790-793, 1977.

BURLINGAME, B. What is a nutrient? **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 1, 2001.

CANTOR, S.; MEREDITH, F.I.; WICKER, L. Postharvest Changes of Pectic Substances in Chilled Peaches. **Journal of food biochemistry**, v. 16, n. 1, p. 15-29, 1992.

CUMMINGS, J.H.; EDMOND, L.M.; MAGEE, E.A. Dietary carbohydrate and health: do we still need the fibre concept? **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, p.5-17, 2004.

DE ANGELIS, R.C. Importância de incluir os vegetais na alimentação humana. In: _____. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**. São Paulo: Atheneu, 2001, p. 51-54.

DEMAIN, A.L.; PHAFF, H.J. Recent advances in the enzymatic hydrolysis of pectic substances. **Wallerstein Laboratories Communications**, v. 20, n. 69, p. 119-140, 1957.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

FILGUEIRAS, H.A.C. **Bioquímica do Amadurecimento de Tomates Híbridos Heterozigotos no Loco 'Alcobaça'**. Lavras: UFL, 1996. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

GARNA, H. et al. Combined enzymatic hydrolysis and HPAEC method for simultaneous analysis of galacturonic acid and neutral sugars of pectin. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 68 (2 Pt A), p. 297-300, 2003.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002. 284 p.

GROSS, K.C. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. **HortScience**, v. 17, n. 6, p. 933-934, 1982.

GUMMADI, S.N.; PANDA, T. Purification and biochemical properties of microbial pectinases – a review. **Process Biochemistry**, v. 38, p. 987-996, 2003.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

HUBER, D.J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 224-241, 2001.

INGALLINERA, B.; BARBAGALLO, R.N.; SPAGNA, G.; PALMERI, R.; TODARO, A. Effects of thermal treatments on pectinesterase activity determined in blood oranges juices. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 36, p. 258-263, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985, v. 1. 533 p.

JEN, J.J.; ROBINSON, M.L. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1085-1087, 1984.

LAMISSE, F. *et al.* Fibres alimentaires: place des fibres céréalières. **Cahiers de Nutrition et de Diététique**, v. 22, n. 5, p. 397-411, 1987.

LARATTA, B. et al. Thermostability of three pectinesterase isoenzymes in tomato fruit. **Food Chemistry**, v. 52, p. 415-418, 1995.

LEITE, F. **Validação em análise química**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2002. 278 p.

MACEDO, S.H.M. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) para aproveitamento industrial**. Manaus: UFAM, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1999.

NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 136-175, 1944.

Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (NC-IUBMB). Enzyme Nomenclature. Disponível em <<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/EC3/cont.3aa.html>> Acesso em: 12 fev. 2005.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OLIVEIRA, H.P. **Elaboração de néctar de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) e avaliação das características físico-químicas e sensoriais durante o armazenamento**. Manaus: UFAM, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1999.

PATHAK, N.; SANWAL, G.G. Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits. **Phytochemistry**, v. 48, n. 2, p. 249-255, 1998.

PEDÓ, I. Fibra alimentar. In: GUTKOSKI, L.C., _____. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Varela, 2000. p. 77-93.

PEREZ, N.; AFRICA, I.C.; ABREU, E.S.; TORRES, E.A.F.S. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutracêuticos...: Você já ouviu falar? **Higiene Alimentar**, v. 14. p. 19-23, 2000.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, v. 52, p. 252-256, 1973.

ROSE, J.K.C.; HADFIELD, K.A.; LABAVITCH, J.M.; BENNETT, A.B. Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit. **Plant Physiology**, v. 117, p. 345-361, 1998.

SABIONI, J.G. Métodos de determinação da fibra dietética. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 1989.

SOUSA, F.M.G.; COELHO NETO, R.A., SILVA FILHO, D.F. da. Problemas fitossanitários do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no estado do Amazonas. In: **XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, CNPq, FAPEAM, INPA**, 2004, Manaus, 355, p. 187-188.

TAIPINA, M.S.; FONTES, M.A.S.; COHEN, V.H. Alimentos funcionais-nutracêuticos. **Higiene Alimentar**, v. 16, p. 28-29, 2002.

TEIXEIRA, G.H.A. et al. Caracterização pós-colheita de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 546-550, 2001a.

TEIXEIRA, G.H.A. et al. Processamento mínimo de mamão 'formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001b.

THIS, H. **Um cientista na cozinha**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2003. 240 p.

VAN DEN BROECK, I.; LUDIKHUYZE, L.R.; VAN LOEY, A.M.; HENDRICKX, M.E. Effect of temperature and/or pressure on tomato pectinesterase activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 551-8, 2000.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

WANG, M.; WANG, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, Z.; ZHANG, R.; HU, X.; TAN, T.; LUO, S.; LUO, Z. Dissecting phenotypic variation among AIS patients. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 335, n. 2, p. 335-342, 2005.

WITKIEWICZ, A.; LEE, K.R.; BRODSKY, G.; CVIKO, A.; BRODSKY, J.; CRUM, C.P. Superficial (early) endocervical adenocarcinoma in situ: a study of 12 cases and comparison to conventional AIS. The **American Journal of Surgical Pathology**, v. 29, n. 12, p. 1609-1614, 2005.

YUYAMA, L.K.O. et al. Quantificação de fibra alimentar em algumas populações de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) e açai (*Euterpe oleracea* Mart). **Acta Amazonica**, v. 32, n. 3, p. 491-497, 2002.

5 NUTRIENTES E ANTINUTRIENTES DO CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

O postulado de THOMAS ROBERT MALTHUS (1766-1834), segundo o qual a população cresce em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos aumenta em progressão aritmética, não foi, de todo, ruído pela Biotecnologia, cujos poderosos instrumentos (Biologia Molecular), ainda não igualaram a produção de nutrientes com as necessidades nutricionais humanas. Em outras palavras, a procura de novas fontes alimentícias aumentou, e a grande diversidade vegetal da Amazônia se encontra no epicentro das atenções científicas, com seus frutos, ricos em água e minerais, dentre os quais vem destacando-se o cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal). O delineamento deste experimento teve por objetivo determinar os principais nutrientes do cúbio, assim como a presença de alcalóides totais em diferentes estádios de maturação do fruto. Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA, com características geológicas de várzea. As análises físico-químicas consistiram na determinação da umidade, lipídios, proteínas, açúcares redutores e não-redutores, cinza, fibras totais, sólidos insolúveis em álcool, pectina, carotenóides totais e alcalóides. Do total de nutrientes analisados, mais de 99% são aproveitáveis do ângulo nutricional, havendo pouca margem para a produção de substâncias nocivas à saúde humana. Dos quatro estádios de maturação qualitativamente analisados para a presença de alcalóides totais, o verde foi o mais reativo (+++/3) à solução de MAYER. A ausência de análises quantitativas dos alcalóides deve, todavia, suscitar cautela no consumo, mesmo esporádico, do cúbio.

Palavras-chave: cubiu, calorias, composição química, alcalóides

NUTRIENTS AND ANTINUTRIENTES OF CÚBIO (*Solanum sessiliflorum* Dunal) IN DIFFERENT STAGES OF RIPENING

ABSTRACT

THOMAS ROBERT MALTHUS (1766-1834) postulated that the population grows in geometric progression; while the production of food increases in arithmetic progression, and until now, it has not been entirely denied by the Biotechnology, whose powerful tools (Molecular Biology) did not equal the production of nutrients with the human nutritional needs yet. In other words, the search for new nutritional sources only increased, and the great plant diversity of Amazônia is situated in the epicenter of scientific attentions, with its fruits, rich in water and minerals, among which stands out the cúbio (*S. sessiliflorum* Dunal). The design of this experiment was aimed to determining the main nutrients of cúbio, as well as the presence of total alkaloids in different stages of maturation of this fruit. The fruits were harvested in the Active Bank of Germoplasm of cúbio of the Experimental Station of Olericulture of Ariaú, in Iranduba (AM, Brazil), belonging to INPA, with geological characteristics of waterlogged soil. The physicochemical analysis consisted of the determination of the moisture, lipids, proteins, reducing and non-reducing sugars, ash, total fibers, alcohol-insoluble solids, pectin, total carotenoids and alkaloids. From the total amount of analyzed nutrients, more than 99% were profitable in nutritional terms, with a low fringe for the production of noxious substances for human health. Of the four stages of maturation of cúbio fruits qualitatively analyzed for the presence of alkaloids, the green one was the most reagent (+++/3) to MAYER'S solution. The absence of quantitative analysis of alkaloids should raise though, caution even in the sporadic consumption of the cúbio fruits.

Key words: cubiu, calories, chemical composition, alkaloids

5.1 Introdução

O cúbio (*Solanum sessiliflorum* Dunal) foi domesticado pelos ameríndios pré-colombianos na Amazônia Ocidental (SILVA FILHO et al, 1993). Composto receitas populares, tais como torta de carne; tambaqui assado; doce de cúbio e saladas cruas, é, portanto, lícito dizer que a biossegurança do cúbio já foi (empiricamente) testada durante séculos de uso na culinária regional (KERR et al., 1997; CLEMENT et al., 2001).

Apesar da escassez de estudo sobre o cúbio, a sua produtividade potencial – até 100 toneladas por hectare de frutos ricos, sobretudo, em fibras dietéticas –, assim como o seu sabor ácido agradável (mesmo no fruto muito maduro), têm chamado a atenção dos pesquisadores (SILVA FILHO et al., 1993; SILVA FILHO et al., 1999).

Não obstante, e a despeito da biossegurança (empírica) do consumo (secular) de cúbio pelos ameríndios, os fatos científicos a ele relativos são esparsos em muitos aspectos. Um desses aspectos implica em o cúbio fazer parte de uma extensa família botânica, as solanáceas, cujo conteúdo em substâncias tóxicas (alcalóides glicosídicos ou glicoalcalóides), é reconhecido e deve ser avaliado, especialmente quando se pretende consumir o fruto mesmo que esporadicamente (MIDIO; MARTINS, 2000).

Notadamente, certas partes das solanáceas (folhas e frutos imaturos), de quase todas as suas 2.600 espécies, contêm esses glicoalcalóides de importância toxicológica (os esteróides α -solanina e α -chaconina em particular), com atividades anticolinesterásica e hemolítica, devendo, por isso, suscitarem precaução não somente em seu uso esporádico (preparações culinárias), mas também e, sobretudo, em seu uso sistemático como nutracêutico (MIDIO; MARTINS, 2000). Outros autores também ressaltaram que a menor quantidade de α -solanina é encontrada em frutos maduros (ELLENHORN et al., 1997), demonstrando que há concordância quanto a esse aspecto fisiológico.

Como os glicoalcalóides são estruturalmente similares aos esteróides, a sua via biossintética vai do acetato ao colesterol (ELLENHORN et al., 1997). Com efeito, todos os átomos de carbono do colesterol (27 ao todo) derivam diretamente do acetato, e do ponto de vista filogenético (evolutivo), organismos procarióticos, como as bactérias, não podem sintetizar o colesterol, e organismos eucarióticos como os insetos perderam essa capacidade (CONN; STUMPF, 1980; KAMOUN et al., 1990). Já outros organismos eucarióticos, como as plantas e os animais, podem sintetizá-lo facilmente (CONN; STUMPF, 1980).

De acordo com CHIESA; MOYNA (2003) foi demonstrado, por intermédio de estudos de incorporação de precursores marcados, que os alcalóides glicosídicos, como a tomatidina do tomate (*L. esculentum* Mill.) e a solanidina da batata (*S. tuberosum* L.), possuem um esqueleto esteróide intacto biossintetizado a partir do colesterol (**Figura 24**). Outros trabalhos também convergem para esse mesmo sentido (DIENER et al., 2000; CORBIN et al., 2001; ARNQVIST et al., 2003).

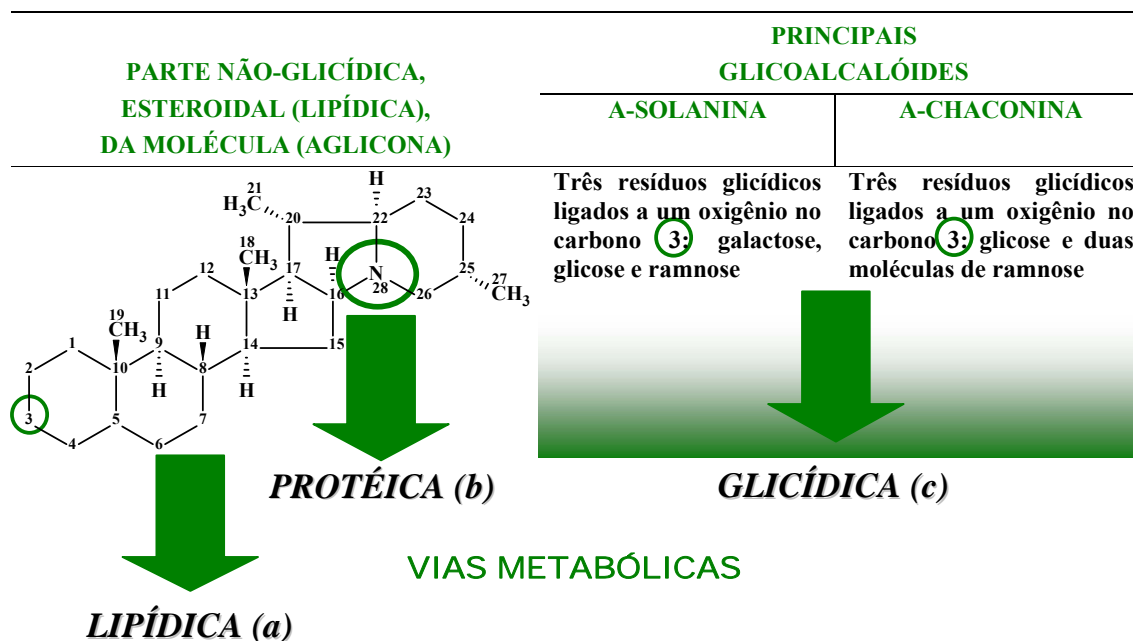


Figura 24. Vias metabólicas dos glicoalcalóides

NOTA: (a) DORLAND, 1988; MOHR; SCHOPFER, (1995); CHIESA; MOYNA, (2003) (b) LEVITT, (1969); (c) MOHR; SCHOPFER, (1995)

A função natural de muitos metabólitos secundários tem sido reavaliada, reconhecendo-se que esses são, de fato, essenciais para a existência dos vegetais, em especial os alcalóides, para os quais as hipóteses são numerosas: repelentes de insetos visitantes; produtos de detoxificação; reserva de nitrogênio; hormônios reguladores de crescimento; manutenção do equilíbrio iônico devido ao seu caráter alcalino; antimicrobianos (aumento de solanina na batata quando atacada); dentre outras (HENRIQUES et al., 2003).

Assim sendo, este trabalho teve por objetivo avaliar os principais nutrientes do cúbio e analisar qualitativamente o seu teor em alcalóides em diferentes estádios de maturação, a fim de melhor avaliar a relação risco/benefício de seu consumo diário.

5.2 Material e métodos

Os frutos foram colhidos no Banco Ativo de Germoplasma de cúbio da Estação Experimental de Olericultura do Ariaú, em Iranduba (AM, Brasil), pertencente ao INPA. Essa área de plantio tem características geológicas de várzea, as quais são mais férteis do que aquelas de terra firme (ALFAIA; OLIVEIRA, 1997; GUERRA; GUERRA, 2003; NORONHA, 2003, SOUSA et al., 2004).

O caráter qualitativo desse experimento foi intencional; os frutos foram deliberadamente escolhidos para pertencer a quatro estádios de maturação (verde, de vez, maduro e muito maduro), obedecendo à metodologia descrita por LEITE (2002).

No mesmo dia da colheita, os frutos foram transportados em contentores plásticos para o Laboratório de Bioquímica de Alimentos e Fisiologia Pós-Colheita da CPTA (INPA), onde todos os experimentos foram desenvolvidos. Os frutos foram então selecionados quanto à presença de injúrias (critério de exclusão) ou à sua ausência (critério de inclusão), e ao caráter sadio (critério de inclusão) ou não (critério de exclusão), totalizando uma amostra de 70

frutos, com uma média de peso de 203 g. Em seguida, eles foram lavados com água corrente e secos à temperatura ambiente (22° C). Depois, uma parcela do material integral (casca, polpa e placenta) foi homogeneizada por trituração em liquidificador ARNO® e imediatamente utilizada para análises (umidade, carotenóides, alcalóides totais). Outra parcela do material integral triturado foi congelada para análises físico-químicas ulteriores (lipídios, proteínas, cinza, açúcares redutores e não-redutores, fibras totais, sólidos insolúveis em álcool, pectina).

As análises físico-químicas incluíram aquelas da umidade (perda de peso em estufa regulada a 105° C até peso constante em balança de precisão), dos lipídios (extração com éter de petróleo em aparelho de SOXHLET), da cinza (incineração em mufla a 550° C por quatro h), conforme metodologia geral descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), e considerada como referência por vários autores (MENDEZ et al., 1995).

As proteínas foram determinadas pelo nitrogênio presente no fruto segundo processo de digestão de KJELDAHL, especificado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Nesse processo, a decomposição da matéria orgânica libera o nitrogênio, que é finalmente transformado em amônia (NH₄OH), a qual, na presença de ácido bórico (H₃BO₃), pode ser titulada com solução de ácido clorídrico (HCl) com normalidade conhecida. No cálculo final, introduz-se o fator empírico 6,25 para transformar o número de g de nitrogênio encontrado na amostra em número de g de proteínas (POLTRONIERI, 2003).

Os carotenóides totais foram extraídos por solventes orgânicos com baixa polaridade a partir de ± 8,0 g do fruto integral triturado; e analisados com base em leituras de absorvância em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, feitas a 450 nm, conforme metodologia de HIGBY (1962).

Os açúcares redutores foram extraídos por água destilada na proporção de 0,5 g de cúbio integral triturado para 100 mL, e quantificados com base em leituras de absorvância em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, feitas a 510 nm, conforme metodologia de

SOMOGYI adaptada por NELSON (1944), e descrita por SOUTHGATE (1991). A glicose (MERCK®) foi usada para a curva padrão.

A frutose foi extraída por água destilada a partir de 0,5 g de cúbio integral triturado para 100 mL, separada em uma fase aquosa pelo álcool amílico (REAGEN®) apolar, e lida a 640 nm em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, conforme metodologia de RIBEREAU-GAYON; PEYNAUD (1966). A curva padrão foi feita com frutose p.a.

O conteúdo de glicose da amostra foi calculado pela diferença entre a concentração de açúcares redutores mensurados e aquela de frutose.

A determinação dos açúcares não-redutores foi efetuada por hidrólise ácida (HCl) e aquecimento, utilizando-se em seguida a mesma metodologia de SOMOGYI adaptada por NELSON (1944), segundo SOUTHGATE (1991) e MELO et al., (1998).

As fibras totais foram determinadas de acordo com a metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os sólidos insolúveis em álcool foram quantificados pelo método gravimético descrito por CANTOR et al., (1992). A determinação de pectina, pelo reagente m-hidroxidifenil e ácido galacturônico como padrão, a partir dos sólidos insolúveis em álcool, teve absorbância lida a 520 nm em espectrofotômetro SP-2000 UV SPECTRUM®, de acordo com metodologia de AHMED; LABAVITH (1977).

O cálculo do valor energético foi feito utilizando-se fatores de conversão 9,0 para os lipídios, 3,9 para a sacarose, 3,75 para a glicose e a frutose, 4,0 para as proteínas; o resultado sendo expresso em kcal por 100 g de fruto (OSBORNE; VOOGT, 1978; MENDEZ et al., 1995). O amido não foi determinado, mas um grama possui 4,1 kcal (OSBORNE; VOOGT, 1978).

A determinação qualitativa de alcalóides totais foi efetuada empregando a solução de MAYER (13,55 g de cloreto de mercúrio e 50 g de iodeto de potássio em 1 litro de água destilada), resultando em uma solução transparente e sem turbidez (MORITA;

ASSUMPÇÃO, 1972). Essa solução reage com quase todos os alcalóides em meio ácido, dando precipitados brancos cuja intensidade pode ser expressa em número crescente de cruces: +/3 (presença de alcalóides); ++/3 (presença acentuada de alcalóides); +++/3 (presença abundante). Não obstante, como a reação exige um meio ácido e o cúbio possui naturalmente muita acidez, a possibilidade desta última promover uma reação satisfatória foi testada tal qual, assim como acrescida de quantidades crescentes de um ácido forte (HCl).

Os dados obtidos foram analisados por métodos de estatística descritiva, correlação e regressão, utilizando o software geral Microsoft® Office Excel 2003, e o software estatístico específico SPSS® – *Statistical Product and Service Solutions*, versão 13.0 (VIEIRA; WADA, 1986; FERREIRA, 2000).

5.3 Resultados e discussão

Os nutrientes determinados por estágio de maturação foram quantificados e resumidos na **Tabela 15**.

Tabela 15. Quantificação dos nutrientes do cúbio em diferentes estádios de maturação

Nutrientes (g por 100 g)	Estádios de maturação			
	Verde	De vez	Maduro	Muito maduro
Umidade	91,94	91,84	91,72	91,42
Lipídios	0,21	0,30	0,34	0,35
Proteínas	0,66	0,69	0,72	0,86
Açúcares redutores	2,42	2,91	2,76	2,01
Sacarose	0,05	0,05	0,05	0,04
Glicose	2,12	2,72	2,57	1,65
Frutose	0,50	0,20	0,18	0,36
Cinza	0,33	0,34	0,41	0,44
Fibras totais	1,58	1,57	1,57	1,36
Sólidos insolúveis em álcool ou AIS*	4,00	4,00	3,89	3,57
Pectina	2,54	1,97	1,86	1,57
Carotenóides (mg%)	0,171	0,195	0,195	0,217

* Os principais AIS são o ácido galacturônico, a galactose, a xilose, a ribose, a arabinose e a ramnose (BROWN; STEIN, 1977)

O teste t com nível de confiança de 95%, bem como seu I.C. (intervalo de confiança de 95%), foi aplicado a todos os dados da **Tabela 15**, ou seja, existiram apenas 5% de chance de os resultados obtidos serem decorrência do acaso, tendo todos esses resultados sido aceitos como estatisticamente significativos.

Trata-se de um fruto com muitas substâncias de interesse nutricional, havendo aparentemente pouca margem para a produção de substâncias nocivas à saúde humana. O seu teor em umidade e pectina facilita o preparo de geléias, o que seria de extrema importância para reposição de energia poupadora de proteínas (glicídios) sob a forma de mistura com açúcar comercial, em crianças com anorexia decorrente de desnutrição energético-protéica do tipo kwashiorkor (deficiência protéica predominante). Somadas as calorias do fruto muito maduro, por exemplo, 14,79 kcal, sua indicação seria, ao contrário, mais apropriada para o emagrecimento de pessoas obesas (OSBORNE; VOOGT; 1978; ANDRADE JÚNIOR, 2002).

A análise qualitativa dos alcalóides em diferentes estádios de maturação do cúbio resultou em presença abundante (+++/3) na amostra de fruto verde (**Figura 25**), esmaecendo progressivamente do estágio de vez (+/3), maduro (+/3) a muito maduro (+/3), já sem reação evidente. Esse comportamento está plenamente de acordo com a literatura especializada, segundo a qual as partes imaturas da planta são as que mais possuem glicoalcalóides (ELLENHORN et al., 1997; MIDIO; MARTINS, 2000).

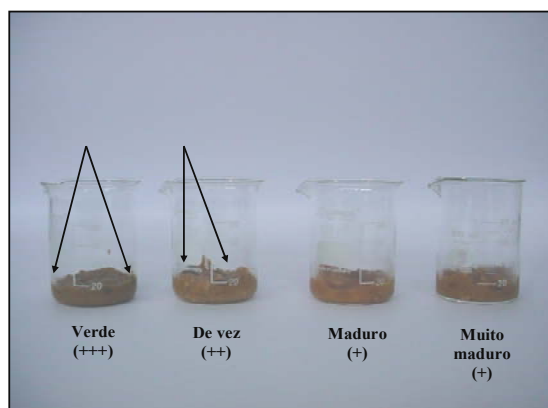


Figura 25. Presença abundante de alcalóides no estágio verde em resposta à solução de MAYER
NOTA: As setas indicam o perímetro melhor visualizado da reação

Na ausência de análises quantitativas das frações de alcalóides glicosídicos (α -chaconina e α -solanina), presentes nas solanáceas, como na batata (*S. tuberosum* L.), o consumo do cúbio deve permanecer esporádico, face a outros frutos igualmente ricos em fibras, como a manga (*Mangifera indica* L.), da família Anacardiaceae, com 2,3 g de fibras totais em 100 g de polpa, mas sem o estigma de pertencer a uma família botânica produtora da maior variedade de alcalóides (ALSTON; TURNER, 1963; FAVIER, 1999; MACHADO; TOLEDO, 2004).

5.4 Conclusão

Lipídios, proteínas, cinza e carotenóides totais apresentaram um perfil de tendência crescente do fruto verde ao fruto muito maduro, mas com concentrações desprezíveis do ângulo dietético (< 1 g). Os açúcares foram relativamente mais oscilantes, com perfil hipocalórico apropriado para dietas em indivíduos diabéticos do tipo 2 obesos ou não. Nesse momento, pode-se ponderar se os altos níveis de pectina não se comportariam como antinutrientes para a absorção de açúcares, diminuindo ainda mais o impacto desses macronutrientes sobre a glicemia de indivíduos saudáveis e (ou) diabéticos. Não obstante, dada a ausência de análises quantitativas dos glicoalcalóides, deve-se suscitar cautela no consumo, mesmo esporádico, do cúbio.

5.5 Referências

AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronid content. **Journal of Food and Biochemistry**, v. 1, p. 361-365, 1977.

ALFAIA, S.S.; OLIVEIRA, L.A. de. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G. de; FONSECA, O.J.M. eds. **Dois décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997, 332. p. 179-191.

ALSTON, R.E.; TURNER, B.L. **Biochemical systematics**. New Jersey: Printice-Hall, Inc., 1963. 404 p.

ANDRADE JÚNIOR, M.C. de. Reconhecendo os distúrbios do comportamento alimentar, do peso corporal e da nutrição em medicina interna: aspectos terminológicos, fisiopatológicos e semiológicos (Parte 2). **Jornal Brasileiro de Medicina**, v. 82, p. 75-76, 78, 80, 82, 84, 87-88, 91-92, 2002.

ARNQVIST, L. et al. Reduction of cholesterol and glycoalkaloid levels in transgenic potato plants by overexpression of a type 1 sterol methyltransferase cDNA. **Plant Physiology**, v. 131, n. 4, p. 1792-9, 2003.

BROWN, H.E.; STEIN, E. Studies on the alcohol-insoluble solids of Chico III and homsted-24 tomatoes. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 25, n.4, p. 790-793, 1977.

CANTOR, S.; MEREDITH, F.I.; WICKER, L. Postharvest Changes of Pectic Substances in Chilled Peaches. **Journal of food biochemistry**, v. 16, n. 1, p. 15-29, 1992.

CHIESA, F.A.; MOYNA, P. Alcaloides esteroidales. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003, p. 869-883.

CLEMENT, R.S.; FALCÃO, M.A.; SOUZA, M.N.P. DE. **O sabor do Amazonas**. Manaus: Valer Editora, 2001.

CONN, E.E.; STUMPF, P.K. **Introdução à bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 525 p.

CORBIN, D.R. et al. Expression and chloroplast targeting of cholesterol oxidase in transgenic tobacco plants. **Plant Physiology**, v. 126, n. 3, p. 1116-28, 2001

DIENER, A.C. et al. Sterol methyltransferase 1 controls the level of cholesterol in plants. **The Plant Cell**, v. 12, n. 6, p.853-70, 2000.

Dorland's illustrated medical dictionary. 27^a ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1988. 1887 p.

ELLENHORN, M.J. **Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning**. 2. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997. 2047 p.

FAVIER, J.C. et al. **Repertório geral dos alimentos: tabela de composição**. 2. ed. São Paulo: Roca, 1999. 895 p.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

HENRIQUES, A.T. et al. Alcalóides: generalidades e aspectos básicos. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003, p. 765-791.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid in natural and carotene orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985, v. 1. 533 p.

KAMOUN, P.; LEROUX, J.P.; DEMAUGRE, F. **Aide-mémoire de biochimie**. 4. ed. Paris: Flammarion, 1990. 147 p.

KERR, L. et al. **Cozinhando com a pupunha**. Manaus: INPA, 1997. 95 p.

LEITE, F. **Validação em análise química**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2002. 278 p.

LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. Saint Louis: Mosby, 1969. 304 p.

MACHADO, R.M.D.; TOLEDO, M.C.F. Determinação de glicoalcalóides em batatas *in natura* (*Solanum tuberosum* L.) comercializadas na cidade de Campinas, Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 47-52, 2004.

MELO, W.J.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, V.P. **Carboidratos**. Jaboticabal: Funep, 1998, 214 p.

MENDEZ, M.H.M.; DERIVI, S.C.N.; RODRIGUES, M.C.R.; FERNANDES, M.L. **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995. 41 p.

MIDIO, A.F.; MARTINS, D.I. **Toxicologia de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 295 p.

MORITA, T.; ASSUMPCÃO, R.M.V. **Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 629 p.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OSBORNE, D.R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrients in foods**. London: Academic Press, 1978. 251 p.

POLTRONIERI, F. **Determinação do fator de conversão nitrogênio:proteína para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) e extratos de tomate, visando à elaboração de dietas para pacientes fenilcetonúricos**. 2003. 90 p. Tese (Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade de São Paulo, SP.

RIBEREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E. **Analisi e controllo dei vini**. Bologna: Edizioni Agricole Bologna, p. 221-222, 1966.

SILVA FILHO, D.F. da, et al. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 4, p. 503-511, 1999.

_____; NODA, H.; CLEMENT, C.R. Variabilidade genética dos caracteres econômicos em 30 introduções de cubiu avaliadas na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Genética**, v. 16, n. 2, p. 409-417, 1993.

SOUSA, F.M.G.; COELHO NETO, R.A., SILVA FILHO, D.F. da. Problemas fitossanitários do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no estado do Amazonas. In: **XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, CNPq, FAPEAM, INPA**, 2004, Manaus, 355, p. 187-188.

SOUTHGATE, D.A.T. **Determination of food carbohydrates**. London: Elsevier Applied Science, 1991, 231 p.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

CONCLUSÃO GERAL

A maturação perfeita dos frutos de cúbio depende inteiramente da planta, não sendo o estágio de fruto verde recomendável para a colheita, embora o cúbio colhido nesse estágio tenha-se mostrado mais resistente à atmosfera ambiente isenta de fatores de estresse, do que outros membros da família Solanaceae (pimenta pequena, tomate).

O cúbio revelou ser um fruto pobre em todas as macromoléculas com valor energético, ou seja, os lipídios, as proteínas e os glicídios; donde ser considerado um fruto hipocalórico recomendável no cardápio das dietas de emagrecimento em indivíduos obesos, com ou sem diabetes *mellitus* e (ou) hipertrigliceridemia crônica (triglicédeos sanguíneos ≥ 150 mg por dL).

Os índices físico-químicos de sabor do cúbio (pH, acidez titulável, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), relação Brix/acidez) demonstraram tratar-se de um fruto ácido nos quatro estádios de maturação estudados. A determinação das frações de açúcares redutores e não-redutores justificou a classificação do cúbio dentre os frutos com teor de glicídios \leq a 5%, ou seja, com 5 g ou menos de açúcares por 100 g de fruto. Esse teor é, em princípio, recomendável para indivíduos sadios, podendo também ser prescrito para indivíduos diabéticos não complicados com uma hipertrigliceridemia maciça (níveis sanguíneos de triglicédeos ≥ 1.000 mg por dL). Portanto, o conhecimento dos aspectos qualitativos dos açúcares do cúbio tem aplicação imediata na prática dos profissionais da saúde (nutricionistas e endocrinologistas em especial). O seu rico teor em fibras dietéticas torna-o atrativo como alimento funcional, até que o seu possível efeito deletério provindo de alcalóides glicosídicos seja totalmente investigado.

Feita essa ressalva, o cúbio é um alimento vegetal muito atrativo, mostrando-se potencialmente mais benéfico do que deletério para a saúde humana.

BIBLIOGRAFIA

ADA. **Handbook of clinical dietetics**. West Hanover: ADA/Yale University, 1981. 193 p.

AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronid content. **Journal of Food and Biochemistry**, v. 1, p. 361-365, 1977.

ALCÂNTARA, J.M.; MARQUES FILHO, A.O. Clima e hidrologia da área urbana de Manaus. In: **XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA, CNPQ**, 2003, Manaus, 240, p. 197-198.

ALFAIA, S.S.; OLIVEIRA, L.A. de. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G. de; FONSECA, O.J.M. eds. **Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997, 332. p. 179-191.

ALSTON, R.E.; TURNER, B.L. **Biochemical systematics**. New Jersey: Printice-Hall, Inc., 1963. 404 p.

ANDRADE JÚNIOR, M.C. de. Berinjela: que antecedente familiar terrível! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 48, p. 572-674, 2004.

_____. Aspectos do comportamento alimentar nas desordens glicêmicas. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 53, p. 749-750, 752-755, 1996.

_____. Educação, auto-acompanhamento e autocontrole de pacientes com diabetes "mellitus". **Jornal Brasileiro de Medicina**, v. 66, p. 125-126, 1994.

APFELBAUM, M.; FORRAT, C.; NILLUS, P. **Abrégé de diététique et de nutrition**. 2. ed. Paris: Masson, 1989. 473 p.

ARNQVIST, L. et al. Reduction of cholesterol and glycoalkaloid levels in transgenic potato plants by overexpression of a type 1 sterol methyltransferase cDNA. **Plant Physiology**, v. 131, n. 4, p. 1792-9, 2003.

ASCAR, J.M. **Alimentos: aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual**. São Leopoldo: UNISINOS, 1985. 327 p.

AUERSWALD, H. et al. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v. 82, p. 227-242, 1999.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 115 p.

AZOUBEL, L.M.O.; GARCIA, R.W.D.; NAVES, M.M.V. Tabela de composição de alimentos. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.E.; MARCHINI, J.S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998, p. 363-376.

BALBI, V.; LOMAX, T.L. Regulation of early tomato fruit development by the diageotropica gene. **Plant Physiology**, v. 131, p. 186-197, 2003.

BARREIROS, R.C.; BOSSOLAN, G.; TRINDADE, C.E.P. Frutose em humanos: efeitos metabólicos, utilização clínica e erros inatos. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 377-389, 2005.

BARTLEY, G.E; SCOLNIK, P.A. Plant carotenoids: pigments for protection, visual attraction, and human health. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1027-1038, 1995.

BASCIANO, H.; FEDERICO, L.; ADELI, K. Fructose, insulin resistance, and metabolic dyslipidemia. **Nutrition & Metabolism**, v. 2, n. 5, p. 1-14, 2005.

BAXTER, C.J. Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of tomato with increased fruit soluble solids. **Plant Cell Physiology**, v. 46, n. 3, p. 425-37, 2005.

BERALDO, W.T. **Fisiologia**. Belo Horizonte: UFMG, 1968, v. 1, 372 p.

BRAVERMAN, J.B.S. **Introducción a la Bioquímica de los Alimentos**. Barcelona: Ediciones Omega, 1967. 353 p.

BROWN, H.E.; STEIN, E. Studies on the alcohol-insoluble solids of Chico III and homsted-24 tomatoes. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 25, n.4, p. 790-793, 1977.

BURLINGAME, B. What is a nutrient? **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 1, 2001.

CANTOR, S.; MEREDITH, F.I.; WICKER, L. Postharvest Changes of Pectic Substances in Chilled Peaches. **Journal of Food Biochemistry**, v. 16, n. 1, p. 15-29, 1992.

CARAFÁ, A.; DUCKETT, J.G.; LIGRONE, R. The placenta in *Monoclea forsteri* Hook. and *Trebisia lacunosa* (Col.) Prosk: insights into placental evolution in liverworts. **Annals of Botany**, v. 92, p. 299-307, 2003.

CARDOSO, S.L. Fotofísica dos carotenóides e o papel antioxidante de β -caroteno. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 535-540, 1997.

CASTRO, G.B. de. Aspectos cultural e alimentar dos diversos grupamentos indígenas na Amazônia. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1/2, p. 23-35, 1989.

CLEMENT, R.S.; FALCÃO, M.A.; SOUZA, M.N.P. DE. **O sabor do Amazonas**. Manaus: Valer Editora, 2001. 271 p.

CHAGNON, N.A.; LE QUESNE, P.; COOK, J. Algunos aspectos de uso de drogas, comercio y domesticación de plantas entre los indígenas yanomamö de Venezuela y Brasil. **Acta Científica Venezolana**, v. 21, n. 5, p. 186-193, 1970.

CHIESA, F.A.; MOYNA, P. Alcaloides esteroidales. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003, p. 869-883.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

CHANTELAU, E.; SPRAUL, M.; ROBERTSON, P. Glycemic reponses to carbohydrates. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p. 702-703, 1987.

COELHO, E.G.; ANDRADE, J.S. Mudanças físico-químicas dos frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) armazenados em atmosfera modificada e refrigeração. In: **VII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA, CNPq**, 1998, Manaus, 236, p. 210-212.

CONN, E.E.; STUMPF, P.K. **Introdução à bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 525 p.

CORBIN, D.R. et al. Expression and chloroplast targeting of cholesterol oxidase in transgenic tobacco plants. **Plant Physiology**, v. 126, n. 3, p. 1116-28, 2001

COTTON, C.M. **Ethnobotany: principles and applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996. 424 p.

CUMMINGS, J.H.; EDMOND, L.M.; MAGEE, E.A. Dietary carbohydrate and health: do we still need the fibre concept? **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, p.5-17, 2004.

CURRY, J., et al. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp. **Plant Science**, v. 148, p. 47-57, 1999.

DE ANGELIS, R.C. Importância de incluir os vegetais na alimentação humana. In: _____. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**. São Paulo: Atheneu, 2001, p. 51-54.

DENFFER, D et al. **Strasburger's textbook of botany**. Longman, London, 1976.

DEMAIN, A.L.; PHAFF, H.J. Recent advances in the enzymatic hydrolysis of pectic substances. **Wallerstein Laboratories Communications**, v. 20, n. 69, p. 119-140, 1957.

DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, v. 418, p. 700-707, 2002.

DIENER, A.C. et al. Sterol methyltransferase 1 controls the level of cholesterol in plants. **The Plant Cell**, v. 12, n. 6, p.853-70, 2000.

Dorland's illustrated medical dictionary. 27^a ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1988. 1887 p.

ELLENHORN, M.J. **Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning**. 2. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997. 2047 p.

FAGERIA, N.K.; DOS SANTOS, A.B. Cultivo do arroz irrigado no estado de Tocantins. **Sistemas de Produção. Embrapa arroz e feijão**, n. 3, versão eletrônica, 2004.

_____; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 267-274, 1994.

FAVIER, J.C. et al. **Repertório geral dos alimentos: tabela de composição**. 2. ed. São Paulo: Roca, 1999. 895 p.

FERGUSON, I; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 255-262, 1999.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 419 p.

FERREIRA, V.F.; SILVA, F.C.; PERRONE, C.C. Sacarose no laboratório de química orgânica de graduação. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p. 905-907, 2001.

FERRI, M.G.. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986, v. 2, 401 p.

_____. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985, v. 1. 362 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRAS, H.A.C. **Bioquímica do Amadurecimento de Tomates Híbridos Heterozigotos no Loco 'Alcobaça'**. Lavras: UFL, 1996. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 307 p.

GARNA, H. et al. Combined enzymatic hydrolysis and HPAEC method for simultaneous analysis of galacturonic acid and neutral sugars of pectin. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 68 (2 Pt A), p. 297-300, 2003.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2002. 284 p.

GIVAN, C.V. Evolving concepts in plant glycolysis: two centuries of progress. **Biological Research**, v. 74, p. 277-309, 1999.

GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1983. 677 p.

GROSS, K.C. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide. **HortScience**, v. 17, n. 6, p. 933-934, 1982.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 648 p.

GUMMADI, S.N.; PANDA, T. Purification and biochemical properties of microbial pectinases – a review. **Process Biochemistry**, v. 38, p. 987-996, 2003.

HARRIS, S.R. **Production is only half of the battle. A training manual in fresh produce marketing for the eastern Caribbean**. Bridgetown: FAO, 1988.

HAVEL, P.J. Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 5, p. 133-157, 2005.

HENRIQUES, A.T. et al. Alcalóides: generalidades e aspectos básicos. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003, p. 765-791.

HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid in natural and carotene orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

IBGE. **Tabela de composição de alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 137 p.

HUBER, D.J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 224-241, 2001.

INGALLINERA, B.; BARBAGALLO, R.N.; SPAGNA, G.; PALMERI, R.; TODARO, A. Effects of thermal treatments on pectinesterase activity determined in blood oranges juices. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 36, p. 258-263, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas. Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985, v. 1. 533 p.

JAYAPRAKASHA, G.K.; JENA, B.S.; SAKARIAH, K.K. Improved liquid chromatographic method for determination of organic acids in leaves, pulp, fruits, and rinds of Garcinia. **Journal of AOAC International**, v. 86, p. 1063-1068, 2003.

JEN, J.J.; ROBINSON, M.L. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1085-1087, 1984.

JENA, B.S.; JAYAPRAKASHA, G.K.; SAKARIAH, K.K. Organic acids from leaves, fruits, and rinds of *Garcinia cowa*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 50, p. 3431-3434, 2002.

KAMOUN, P.; LEROUX, J.P.; DEMAUGRE, F. **Aide-mémoire de biochimie**. 4. ed. Paris: Flammarion, 1990. 147 p.

KERR, L. et al. **Cozinhando com a pupunha**. Manaus: INPA, 1997. 95 p.

KETSA, S.; DAENGGANIT, T. Firmness and activities of polygalacturonase, pectinesterase, β -galactosidase and cellulase in ripening durian harvested at different stages of maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 80, p. 181-188, 1999.

KRAUSE, M.V.; MAHAN, L.K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 7. ed. São Paulo: Roca, 1985. 1052 p.

KROGMANN, D.W. **The biochemistry of green plants**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1973. 239 p.

KUTCHAN, T.M. Alkaloid biosynthesis – The basis for metabolic engineering of medicinal plants. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1059-1070, 1995.

LAMISSE, F. *et al.* Fibres alimentaires: place des fibres céréalières. **Cahiers de Nutrition et de Diététique**, v. 22, n. 5, p. 397-411, 1987.

LARATTA, B. et al. Thermostability of three pectinesterase isoenzymes in tomato fruit. **Food Chemistry**, v. 52, p. 415-418, 1995.

LATIES, G.G. Franklin Kidd, Charles West and F.F. Blackman: The start of modern postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, p. 1-10, 1995.

LEITE, F. **Validação em análise química**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2002. 278 p.

LEVITT, J. **Introduction to plant physiology**. Saint Louis: Mosby, 1969. 304 p.

MACEDO, S.H.M. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) para aproveitamento industrial.** Manaus: UFAM, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1999.

MACHADO, R.M.D.; TOLEDO, M.C.F. Determinação de glicoalcalóides em batatas *in natura* (*Solanum tuberosum* L.) comercializadas na cidade de Campinas, Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 47-52, 2004.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause alimentos, nutrição e dietoterapia.** 10. ed. São Paulo: Roca, 2002. 1157 p.

MAHRAOUI, L. et al. Regulation of expression of the human fructose transporter (GLUT5) by cyclic AMP. **The Biochemical Journal**, v. 301, p. 169-175, 1994.

MAIA, L.A.; CHALCO, F.P. Produção de frutos de espécies da floresta de várzea da Amazônia Central importantes na alimentação dos peixes. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 1, p. 45-54, 2002.

MARCÍLIO, C. **Dicionário de pesquisa clínica.** Salvador: Artes Gráficas S.A., 1995. 208 p.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa: UFV, 2005, 451 p.

MARTINS, L.; COSTA, M.A.S.; NEE, M. Solanaceae. In: RIBEIRO, J.E.L. da et al. (eds). **Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra-Firme na Amazônia Central.** Manaus: INPA, 1999, p. 583-587.

MATTA, A.A. da. **Flora medica braziliense.** Manaus: Imprensa Oficial, 1913. 313 p.

MATTHEIS, J.P.; FELLMAN, J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 227-232, 1999.

MELO, W.J.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, V.P. **Carboidratos.** Jaboticabal: Funep, 1998, 214 p.

MENDEZ, M.H.M.; DERIVI, S.C.N.; RODRIGUES, M.C.R.; FERNANDES, M.L. **Tabela de composição de alimentos.** Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995. 41 p.

MIRON, D.; SCHAFFER, A. Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase activities in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill. and the sucrose accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl. **Plant Physiology**, v. 95, p. 623-627, 1991.

MIDIO, A.F.; MARTINS, D.I. **Toxicologia de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 295 p.

MODESTO, Z.M.M.; SIQUEIRA, N.J.B. **Botânica**. São Paulo: EPU, 1981.

MODI, A.T.; WHITE, B.J. Water potential of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) placenta and seed germination in response to desiccation during development. **Seed Science Research**, v. 14, n. 2, p. 249-257(9), 2004.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant Physiology**. Springer, New York, 1995. 629 p.

MOURA, M.C.N. de; FERREIRA, S.A.N.; SILVA FILHO, D.F. Condicionamento osmótico de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). In: **XI Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, INPA**, 2002, Manaus, 251, p. 170-171.

MORITA, T.; ASSUMPCÃO, R.M.V. **Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 629 p.

NASCIMENTO, R. do et al. Distribuição de amido, açúcares solúveis e atividades de invertases em explantes de soja sob várias concentrações de sacarose e diferentes fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 10, n. 2, p. 125-130, 1998.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 4. ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2005. 1119 p.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (NC-IUBMB). Enzyme Nomenclature. Disponível em <<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/EC3/cont.3aa.html>> Acesso em: 12 fev. 2005.

NORONHA, M.C. de. **Geoespaço: o espaço geográfico do Amazonas**. Manaus: Cecil Concorde, 2003. 256 p.

OLIVEIRA, H.P. **Elaboração de néctar de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) e avaliação das características físico-químicas e sensoriais durante o armazenamento.** Manaus: UFAM, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1999.

OLIVEIRA FILHO, M.S. de. A comercialização de hortaliças em Manaus. In: **V Jornada de Iniciação Científica do CNPq, PIBIC, INPA, UA**, 1996, Manaus, 267, p. 29.

OLIVEIRA, A.P. de; ANDRADE, J.S. Fisiologia pós-colheita do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal): aspectos bioquímicos do escurecimento pela ação da polifenoloxidase. In: **VI Jornada de Iniciação Científica do INPA, CNPq, PIBIC**, 1997, Manaus, 234, p. 194-197.

ORNELLAS, L.H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos.** 7. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 330 p.

OSBORNE, D.R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrients in foods.** London: Academic Press, 1978. 251 p.

ÖZGEN, M.; PALTA, J.P.; SMITH, J.D. Ripeness stage at harvest influences postharvest life of cranberry fruit: physiological and anatomical explanations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 291-299, 2002.

PARDINI, L.P.E. et al. Insuficiência renal. In: TEIXEIRA NETO, F. ed. **Nutrição clínica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 337-350.

PATHAK, N.; SANWAL, G.G. Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits. **Phytochemistry**, v. 48, n. 2, p. 249-255, 1998.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat treatment and fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 21-37, 2000.

PENTEADO, M.V.C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos.** Barueri: Manole, 2003. 612 p.

PEREZ, N.; AFRICA, I.C.; ABREU, E.S.; TORRES, E.A.F.S. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutraceuticos...: Você já ouviu falar? **Higiene Alimentar**, v. 14. p. 19-23, 2000.

POLTRONIERI, F. **Determinação do fator de conversão nitrogênio:proteína para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil.) e extratos de tomate, visando à elaboração de dietas para pacientes fenilcetonúricos.** 2003. 90 p. Tese (Ciência de Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade de São Paulo, SP.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H. **Food science.** 5. ed. Gaithersburg: Aspen, 1998. 608 p.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, v. 52, p. 252-256, 1973.

PRETEL, M.T.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ, G.; RIQUELME, F.; ROMOJARO, F. Influence of films of different permeability on ethylene synthesis and ripening of MA-Packaged Apricots. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 26, p. 8-13, 1993.

RAHMAN, F.M.; BUCKLE, K.A. Pigment changes in capsicum cultivars during maturation ripening. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 241-249, 1980.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal.** 6. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001. 906 p.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis.** 2. ed. Manaus: SEBRAE, 2001. 405 p.

RIBEIRO, J.E.L.S., et al. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.** Manaus: INPA, 1999. 798 p.

RIBEREAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E. **Analisi e controllo dei vini.** Bologna: Edizioni Agricole Bologna, p. 221-222, 1966.

RICKER, M.; DALY, D.C. **Botánica económica en bosques tropicales.** Mexico: Diana, 1998. 293 p.

RODRIGUES, W.A. **Notas sobre nomenclatura botânica.** Curitiba: UFPR, 2003. 38 p.

ROSE, J.K.C.; HADFIELD, K.A.; LABAVITCH, J.M.; BENNETT, A.B. Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit. **Plant Physiology**, v. 117, p. 345–361, 1998.

SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SANTOS, L.A.; BUENO, C.R.; CLEMENT, C.R. Influência da temperatura na germinação de sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no escuro. **Acta Amazonica**, v. 30, p. 671-675, 2000.

SERRANO, M.; PRETEL, M.T.; BOTELLA, M.A.; AMORÓS, A. Physicochemical changes during date ripening related to ethylene production. **Food Science and Technology International**, v. 7, p. 31-36, 2001.

SHEWFELT, R.L. What is quality? **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 197-200, 1999.

SILVA FILHO, D.F. da, et al. Caracterização e avaliação do potencial agrônômica e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 4, p. 399-405, 2005.

_____. **Discriminação de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas**. 2002. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica Econômica) – INPA/UFAM, Manaus.

_____. Cúbio (*Solanum sessiliflorum*). In: CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. (eds). **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000, p. 176-183.

_____. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 503-511, 1999.

_____. et al. Hortaliças não-convencionais nativas e introduzidas na Amazônia. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G. de; FONSECA, O.J.M. eds. **Dois décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997, 332. p. 19-58.

_____.; NODA, H.; CLEMENT, C.R. Variabilidade genética dos caracteres econômicos em 30 introduções de cubiu avaliadas na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Genética**, v. 16, n. 2, p. 409-417, 1993.

_____; CLEMENT, C.R.; NODA, H. Variação fenotípica em frutos de doze introduções de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) avaliados em Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 19, p. 9-18, 1989.

SIMPSON, B.B.; OGORZALY, M.C. **Economic botany: plants in our world**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1995. 742 p.

SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 49-81, 2000.

SOARES, J.L. **Biologia**. Scipione, São Paulo, 1997. 509 p.

SOUSA, F.M.G.; COELHO NETO, R.A., SILVA FILHO, D.F. da. Problemas fitossanitários do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no estado do Amazonas. In: **XIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC, CNPq, FAPEAM, INPA**, 2004, Manaus, 355, p. 187-188.

SOUTHGATE, D.A.T. **Determination of food carbohydrates**. London: Elsevier Applied Science, 1991, 231 p.

SPALLHOLZ, J.E.; BOYLAN, L.M.; DRISKELL, J.A. **Nutrition: chemistry and biology**. 2. ed. Boca Raton: CRS Press, 1999. 345 p.

STRINGHETA, P.C. GT "Pigmentos naturais". **XIV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos de Iniciação Científica da SBCTA**, 1994, São Paulo, 84, p. 70-74.

TAIPINA, M.S.; FONTES, M.A.S.; COHEN, V.H. Alimentos funcionais-nutracêuticos. **Higiene Alimentar**, v. 16, p. 28-29, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, G.H.A. et al. Caracterização pós-colheita de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 546-550, 2001.

THIS, H. **Um cientista na cozinha**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2003. 240 p.

THOMAS-DOMÉNECH, J.M. **Atlas de Botânica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livro Ibero-Americano, 1977. Série A1-H1.

TOMER, E, et al. Varietal differences in the susceptibility to pointed fruit malformation in tomatoes: histological studies of the ovaries. **Scientia Horticulturae**, v. 77, p 145-154, 1998.

VAN DEN BROECK, I.; LUDI KHUYZE, L.R.; VAN LOEY, A.M.; HENDRICKX, M.E. Effect of temperature and/or pressure on tomato pectinesterase activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p, 551-8, 2000.

VIEIRA, S.; WADA, R. **Estatística: introdução ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1986. 176 p.

WANG, M.; WANG, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, Z.; ZHANG, R.; HU, X.; TAN, T.; LUO, S.; LUO, Z. Dissecting phenotypic variation among AIS patients. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 335, n. 2, p. 335-342, 2005.

WHALEN, M.D.; COSTICH, D.E.; HEISER, C.B. Taxonomy of *Solanum* section Lasiocarpa. **Gentes Herbarum**, v. 12, p. 41-129, 1981.

WILLS, R.B.H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. 2. ed. Kensington: NSWU, 1982. 161 p.

WITKIEWICZ, A.; LEE, K.R.; BRODSKY, G.; CVIKO, A.; BRODSKY, J.; CRUM, C.P. Superficial (early) endocervical adenocarcinoma in situ: a study of 12 cases and comparison to conventional AIS. The **American Journal of Surgical Pathology**, v. 29, n. 12, p. 1609-1614, 2005.

WOODS, A.E.; AURAND, L.W. **Laboratory manual in food chemistry**. United States of America: The Avi Publishing Company, Inc., 1997.

YU, L.-X.; SETTER, T. Comparative transcriptional profiling of placenta and endosperm in development maize kernels in response to water deficit. **Plant Physiology**, v. 131, p. 568-582, 2003.

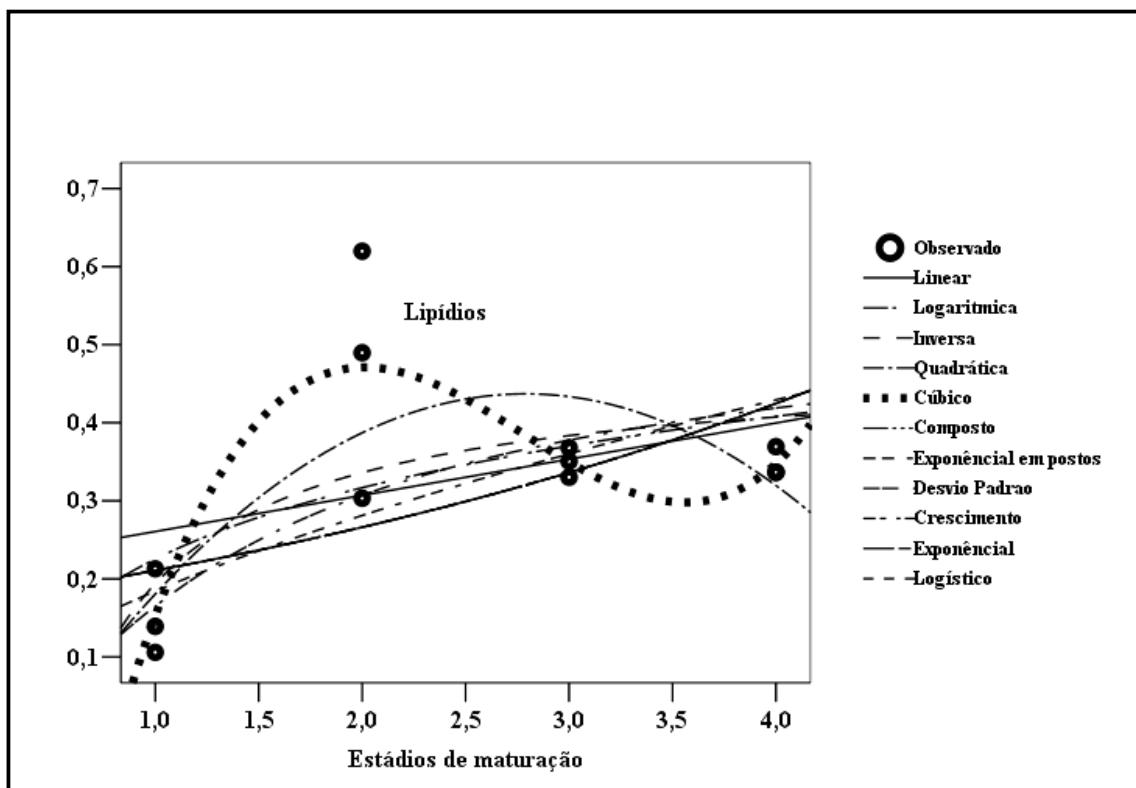
YUYAMA, L.K.O. et al. Quantificação de fibra alimentar em algumas populações de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) e açai (*Euterpe oleracea* Mart). **Acta Amazonica**, v. 32, n. 3, p. 491-497, 2002.

ZHENG, X., et al. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 363-369, 2004.

ZUZUNAGA, M.; SERRANO, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; RIQUELME, F. Comparative study of two plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars during growth and ripening. **Food Science and Technology International**, v. 7, p. 123-130, 2001.

APÊNDICE A – ADEQUAÇÃO DO MELHOR MODELO DE REGRESSÃO PARA A REPRESENTAÇÃO DOS LIPÍDIOS TOTAIS PRESENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DO CÚBIO

No que concerne aos lipídios totais, de todos os modelos de regressão aplicados aos resultados obtidos por análise gravimétrica, aquele de regressão cúbica foi o que melhor representou a presença desses macronutrientes em relação aos quatro estádios de maturação analisados no cúbio (Figura 26).



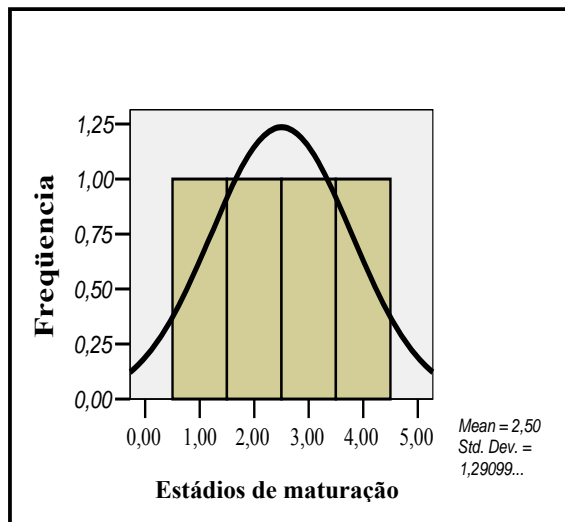
APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE VARIÁVEIS ESTUDADAS

Figura 27. Curva simétrica representativa dos estádios de maturação do cúbio enquanto variáveis independentes

