

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPOSIÇÃO DOS TUBÉRCULOS, EXTRAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE DIFERENTES CULTIVARES
DE BATATA**

EMERSON LOLI GARCIA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Junho - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPOSIÇÃO DOS TUBÉRCULOS, EXTRAÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE DIFERENTES CULTIVARES
DE BATATA**

EMERSON LOLI GARCIA

Orientadora: Prof.^a Dra. Magali Leonel

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Junho- 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G217c Garcia, Emerson Loli, 1982-
Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata / Emerson Loli Garcia. - Botucatu : [s.n.], 2013
ix, 82 f. : il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013
Orientador: Magali Leonel
Inclui bibliografia

1. Batata. 2. Fosforo. 3. Amido. 4. Viscosidade. I. Leonel, Magali. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

"COMPOSIÇÃO DOS TUBÉRCULOS, EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
TÍTULO: DE AMIDOS DE DIFERENTES CULTIVARES DE BATATA"

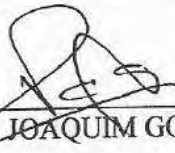
ALUNO: EMERSON LOLI GARCIA


ORIENTADOR: PROFA. DRA. MAGALI LEONEL

CO-ORIENTADOR: GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA

Aprovado pela Comissão Examinadora


PROFA. DRA. MAGALI LEONEL


PROF. DR. JOAQUIM GONÇALVES DE PÁDUA


PROFA. DRA. REGINA MARTA EVANGELISTA

Data da Realização: 22 de julho de 2013.

DEDICATÓRIA

Elery Romildes Loli Garcia (In memorian)

Anderson Loli Garcia (In memorian)

Iracilda Rosa de Lima

Magali Leonel

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, Autor da Vida, pelas oportunidades que me concedeu até hoje, sempre esteve comigo nos momentos difíceis me dando forças para lutar e vencer.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais na pessoa de sua diretora-executiva Prof^a Magali Leonel por ter aberto as portas e ter dado condições para realização deste trabalho.

A minha orientadora Prof^a Dra. Magali Leonel pela dedicação, paciência, incentivo e confiança.

Ao pesquisador Dr. Joaquim de Pádua, Prof^a Dra. Maria Célia Landi Franco e a Prof^a Maria Regina Evangelista pelas correções e sugestões importantíssimas para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Prof^o Dirceu Maximino Fernandes e à Prof^a Maria Helena de Moraes pelo apoio dado durante o curso.

Aos amigos do Laboratório de Fertilidade do Solo - Daniel, Isabel, Marta, Dorival pelo apoio e paciência.

À Giovanna Guidoni pelo apoio, amizade, durante esses anos.

Ao amigo Luiz Henrique Urbano pelo apoio incondicional na realização das análises durante o projeto.

A Ezequiel, Juliana, Alessandra e Cris (CERAT) por toda ajuda, paciência e atenção cedida no decorrer deste trabalho.

Às secretárias da Pós-Graduação (Marlene, Taynan, Jaqueline, Edna e Kátia) pela atenção, compreensão e acima de tudo paciência.

À minha mãe Iracilda Rosa de Lima pelo apoio, pelas palavras de carinho nos momentos certos e decisivos, por ter agüentado a minha “choradeira” no transcorrer destes anos. Tudo que hoje sou devo a você.

Agradeço profundamente ao meu pai Elery Romildes Loli Garcia (*In memorian*) e meu irmão Anderson Loli Garcia (*In memorian*), exemplos em minha vida. Saudades.....

“A todos que me ensinaram como ser e como não ser na vida”.

*Lâmpada para os meus pés
é a tua palavra e,
luz para os meus caminhos
Salmo 119-105*

SUMÁRIO

LISTA DE TABELA	VIII
LISTA DE FIGURA	IX
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DA LITERAURA.....	7
2.1. Cultura da Batata.....	7
2.1.1. Descrição das cultivares	11
2.1.1.1. BRS Ana	11
2.1.1.2. Marlen.....	12
2.1.1.3. Snowden	12
2.1.1.4. Marcy.....	12
2.1.1.5. Colorado	13
2.1.1.6. Beacon Chipper	13
2.2. Amido	13
2.3. Estrutura do grânulo de amido	17
2.3.1. Amilopectina.....	17
2.3.2. Amilose.....	19
2.3.3. Mercado consumidor.....	23
2.3.4. Material intermediário	24
2.3.5. Propriedades de pasta dos amidos.....	25
2.3.6. Propriedades térmicas.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1. Materiais	30
3.2. Localização do Experimento	30
3.3. Manejo Agrônômico	30
3.4. Análises dos Tubérculos.....	31
3.4.1. Determinação do teor de umidade.....	31
3.4.2. Determinação do teor de cinzas	32

3.4.3. Determinação do teor de proteína	32
3.4.4. Determinação do teor de fibra.....	32
3.4.5. Determinação do teor de matéria graxa	32
3.4.6. Determinação do teor de açúcares totais	32
3.4.7. Determinação do teor de amido (Método Enzimático)	33
3.4.8. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH).....	33
3.4.9. Determinação da acidez titulável	33
3.4.10. Determinação da cor.....	34
3.5. Extração de Amido	34
3.5.1. Análises dos amidos	35
3.5.1.1. Teor de amilose aparente	36
3.5.1.2. Propriedades de pasta	36
3.5.1.3. Propriedades térmicas	37
3.5.1.4. Teor minerais – P, K, Ca e Mg	37
3.6. Análise estatística dos dados	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1. Análises dos Tubérculos.....	39
4.1.1. Composição centesimal dos tubérculos de batata	39
4.1.2. Determinação da cor da casca e da polpa dos diferentes tubérculos de batata.....	45
4.1.3. Rendimento de extração do amido	47
4.2. Análises dos Amidos	48
4.2.1. Análise química dos amidos	48
4.2.2. Teor de amilose aparente	50
4.2.3. Teor de fósforo, potássio, cálcio e magnésio	51
4.3. Propriedades Tecnológicas	53
4.3.1. Propriedades de Pasta.....	53
4.3.2. Propriedades Térmicas	57
4.3.3. Retrogradação	60
5. CONCLUSÕES	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios da composição química da batata (g/100g).....	9
Tabela 2. Variação da forma e diâmetro (μm) de grânulos de amido de algumas fontes botânicas.....	14
Tabela 3. Teores de amilose dos amidos de algumas fontes botânicas.....	22
Tabela 4. Composição centesimal dos diferentes cultivares de batata	40
Tabela 5. Cor da casca (epiderme) e da polpa dos tubérculos de batata cultivados na cidade de Pouso Alegre/MG no ano agrícola de 2012.....	46
Tabela 6. Rendimento de amido extraído de diferentes cultivares de batata	47
Tabela 7. Composição química dos amidos das diferentes cultivares de batata	48
Tabela 8. Teor de amilose aparente dos amidos das diferentes cultivares de batata	50
Tabela 9. Teor de fósforo e macro minerais dos amidos das diferentes cultivares de batata	52
Tabela 10. Propriedades de pasta dos amidos das diferentes cultivares de batata.....	54
Tabela 11. Propriedades de gelatinização dos amidos das diferentes cultivares de batata	57
Tabela 12. Propriedades térmicas de retrogradação dos amidos das diferentes cultivares de batata	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Percentual do consumo de batata segundo as diferentes formas de preparo.....	10
Figura 2. Estrutura do grânulo de amido.....	16
Figura 3. Moléculas de glicose sofrendo desidratação	17
Figura 4. Estrutura da amilopectina	18
Figura 5. Modelo de <i>Clusters</i> proposto para a molécula de amilopectina	19
Figura 6. Estrutura da molécula de amilose	20
Figura 7. Representação da conformação helicoidal da amilose.....	20
Figura 8. Modelo para o complexo amilose-lipídeo, mostrando a inclusão da região alifática do ácido graxo no interior da hélice de amilose.....	21
Figura 9. Complexo com iodo formado pelas macromoléculas de amilose e amilopectina	22
Figura 10. Percentual de aplicação dos produtos amiláceos, nos diversos setores industriais relativo à União Européia.....	24
Figura 11. Influência da temperatura em excesso de água sobre o grânulo de amido.....	25
Figura 12. Curva típica obtida em RVA (Rapid Visco Analyser).....	26
Figura 13. Representação da cor sólida no espaço L*a*b*	34
Figura 14. Fluxograma do processo de extração do amido de batata.....	35
Figura 15. Comportamento das temperaturas de pasta (RVA) e gelatinização (DSC) dos amidos das diferentes cultivares de batata	59

RESUMO

O mercado de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências industriais. No presente trabalho objetivou-se avaliar a composição físico-química de tubérculos de batata e suas potencialidades industriais. Foram avaliadas oito cultivares: Beacon Chipper, BRS Ana, Colorado, Harley Beckhell, Marcy, Marlen, Pirassu e Snowden, cultivadas no município de Pouso Alegre/MG safra 2011. Os tubérculos foram caracterizados segundo os valores encontrados para teor de umidade, cinzas, proteína, fibra, matéria graxa, açúcares, amido, pH, acidez titulável e cor da casca e da polpa. Após a caracterização dos tubérculos, realizou-se a extração do amido e este foi avaliado quanto a composição centesimal, propriedades de pasta, propriedades térmicas, teor de minerais (P, K, Ca e Mg), teor de amilose aparente, pH e acidez titulável. Na caracterização da coloração dos tubérculos a cultivar Beacon Chipper apresentou maior brilho e maior intensidade do componente de cor amarela (b^* positivo), as cultivares BRS Ana e Pirassu apresentaram os maiores valores para o componente de cor vermelha (a^* positivo). As cultivares BRS Ana e Harley Beckhell apresentaram o maior teor de matéria seca. O maior e menor rendimento de extração de amido foi obtido com a cultivar Harley Beckhell e Colorado, respectivamente. O amido extraído dos tubérculos apresentou alto grau de pureza e a cultivar Beacon Chipper apresentou o menor teor de amilose aparente. O teor de fósforo foi elevado para as cultivares Marcy e Harley Beckhell, já para as cultivares BRS Ana e Pirassu o teor desse mineral foi menor. Nas propriedades de pasta a cultivar Marcy apresentou valores elevados para viscosidade máxima, quebra de viscosidade e tendência a retrogradação, que são características importantes para fabricação de alimentos. Todas as propriedades térmicas de gelatinização foram superiores às de retrogradação para todas as

cultivares. Os resultados obtidos indicam que as cultivares Snowden, Harley Beckhell e Beacon Chipper podem ser utilizadas para extração de amido enquanto as cultivares BRS Ana e Beacon Chipper são mais indicadas para a produção de fritas. A cultivar Colorado se destacou pela qualidade do amido com pico de viscosidade elevado e baixa tendência a retrogradação. Todos os amidos estudados neste trabalho mostraram-se potenciais alternativas para diversas aplicações industriais.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum L.*, fósforo, amilose, propriedades reológicas

COMPOSITION OF TUBERS, EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF STARCH FROM DIFFERENT CULTIVARS OF POTATO. Botucatu, 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EMERSON LOLI GARCIA

Adviser: MAGALI LEONEL

SUMMARY

The starch market has been growing and improving in recent years, leading to a search for products with specific characteristics that meet the industrial requirements. This work aimed to evaluate the physical and chemical composition of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) and its industrial potential. Eight cultivars were evaluated: Snowden, Harley Beckhell, Marlen, Colorado, BRS Ana, Pirassu, Beacon Chipper and Marcy grown in Pouso Alegre, Minas Gerais state, in 2011. Tubers were characterized to the moisture, ash, protein, fiber, lipids, sugars, starch, pH, titratable acidity and color of the peel and pulp. After characterization of the tubers, held the extraction of starch and this was evaluated for proximate composition, pasting properties, thermal properties, mineral content (P, K, Ca and Mg), content of apparent amylose, pH and titratable acidity . In characterizing the color of the tubers to cultivar Beacon Chipper showed higher brightness and greater intensity of the yellow color component (b* positive), the cultivars BRS Ana and Pirassu showed the highest values for the red color component (a* positive). The cultivars BRS Ana and Harley Beckhell showed the highest dry matter content. The highest and lowest extraction yield of starch was obtained with the

cultivars Harley Beckhell and Colorado, respectively. The starches extracted from tubers showed a high degree of purity and cultivate Beacon Chipper had the lowest apparent amylose content. The phosphorus content was higher in cultivars Marcy and Harley Beckhell, already for cultivars BRS Ana and Pirassu the content of this mineral was lower. In the pasting properties the cultivate Marcy presented high values for viscosity peak, breakdown viscosity and retrogradation, are which important characteristics for food manufacturing. All thermal gelatinization properties were higher than retrogradation in all cultivars. The results indicate that the cultivars Snowden, Harley Beckhell and Beacon Chipper can be used for starch extraction, while BRS Ana and Beacon Chipper are more suitable for the production of chips. The cultivar Colorado stood out for the quality of starch with high viscosity peak and low retrogradation tendency. All starches studied in this work proved to be potential alternatives for various industrial applications.

Key words: *Solanum tuberosum L.*, phosphorus, amylose, rheological properties

1-INTRODUÇÃO

A cultura da batata é oriunda da região andina da América do Sul (Perú, Bolívia, Colômbia, Equador e Chile), caracterizada pela altitude elevada e dias curtos. A introdução de seu cultivo na Europa é creditada a Francisco Pizarro, que a levou para a Espanha, de onde se disseminou para todo o continente, principalmente na Inglaterra, onde passou por trabalhos de melhoramento genético por longos anos para a adaptação a dias longos, provavelmente em função disso a terminologia de batata-inglesa utilizada no Brasil (LOVE et al., 2003).

Para Filgueira (2005) a batata se destaca como a cultura olerácea de maior relevância econômica para o Brasil, com cerca de 140 mil hectares ano⁻¹ produzindo mais de três milhões de toneladas, contudo, existe muito que fazer para a expansão e aprimoramento da cultura, principalmente quanto aos aspectos comerciais.

O Brasil é auto-suficiente na produção de batata para o mercado do tubérculo *in natura* e processamento doméstico, porém depende de importação de grande parte da batata processada, principalmente de batata pré-frita congelada e na forma de palitos, assim como de todo o amido procedente de batata que o país consome.

A batata é um tubérculo rico em carboidrato, sendo o amido seu principal representante. O amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados, contribuindo para textura, estabilização de colóides, agente gelificante, adesivo, capacidade de retenção da água além de poder ser utilizado como agente espessante (SINGH et al., 2003).

Estruturalmente o grânulo de amido é formado por duas macromoléculas, uma linear denominada amilose e outra ramificada denominada

amilopectina, sendo que essas estruturas irão definir suas propriedades funcionais, bem como, sua organização física dentro do grânulo.

A amilose é considerada a responsável pelo processo de retrogradação, sendo esta uma das mais importantes propriedades do amido. Existe uma relação entre o comprimento da cadeia de moléculas de amilose e a facilidade em retrogradar. Moléculas muito grandes ou muito curvas têm dificuldade em se reassociarem, diminuindo a velocidade de retrogradação (SWINKELS, 1985).

Outro importante fator que influencia as propriedades funcionais dos amidos é o teor dos constituintes menores, sendo as frações de lipídio e fósforo as mais importantes (FRANCO et al., 2002). O fósforo contribui para obtenção de pastas mais claras com alta viscosidade e consistência, promovendo a natureza hidrofílica dos grânulos. Em amidos de raízes e tubérculos o fósforo se encontra principalmente como monoéster fosfato ligado covalentemente às moléculas de amilopectina e, em pequena quantidade, como fósforo inorgânico (HOOVER, 2001; WATTANCHANT et al., 2003).

O mercado de amido vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam as exigências industriais.

As indústrias de alimentos e os produtores agrícolas estão interessados na identificação e no desenvolvimento de espécies que produzam amidos nativos com características especiais. Estes amidos poderiam substituir amidos modificados quimicamente ou abrir novos mercados (LEONEL, 2007).

Visto a necessidade do mercado em descobrir tubérculos com características diferenciadas e sendo a batata uma promissora fonte de amido, este trabalho objetivou caracterizar diferentes cultivares de batata quanto à composição centesimal dos tubérculos, assim como, extrair e caracterizar os amidos quanto às propriedades químicas, teor de fósforo e propriedades reológicas, visando fornecer importantes informações para a aplicabilidade industrial dessas cultivares.

2-REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Cultura da Batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta da família *Solanaceae*, com caules aéreos herbáceos, denominados de hastes, que emergem do tubérculo-semente, em número variável dependendo do genótipo e do estágio fisiológico da batata-semente. Essas hastes, consideradas principais, podem emitir ramificações laterais denominadas de hastes secundárias. As hastes principais apresentam uma porção subterrânea e outra porção aérea. Da porção subterrânea são emitidos os estolões, com crescimento lateral, e na extremidade destes são formados os tubérculos, ambos considerados caules modificados. As raízes se originam da base das hastes. Uma vez desenvolvido o sistema radicular cada haste tornará uma planta independente. O tubérculo é a parte de maior valor comercial e alimentar e, também, a principal forma de propagação da planta (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Filgueira (2008) o ciclo de desenvolvimento da batata pode ser dividido em quatro fases; do plantio à emergência, da emergência ao início da tuberização, do início da tuberização ao máximo desenvolvimento vegetativo e do pico vegetativo à senescência natural da planta. O acúmulo de graus dias durante o ciclo da cultivar influencia a soma térmica aumentando ou reduzindo o ciclo da cultura (PAULA et al., 2005).

Para Pinto (2001) as cultivares de batatas existentes no Brasil são originárias de países como Holanda, Alemanha e Estados Unidos, não sendo, portanto, totalmente adaptadas às condições de clima (dias curtos, temperaturas elevadas), solos de baixa fertilidade, pragas e doenças existentes em um país tropical. Este conjunto de fatores

atua no sentido de reduzir a produtividade e a qualidade da batata quando comparada com a batata produzida em países de clima temperado.

A batata pelo seu alto potencial de rendimento e pelas suas propriedades nutricionais (CONCEIÇÃO; FORTES; SILVA, 1999), tornou-se essencial em países populosos por conter vitamina C, proteínas, carboidratos e potássio (NAKANO; DELEO; BOTEON, 2006) e, em nível mundial é o quarto alimento mais consumido (PINELI, et al., 2006).

De acordo com Pereira et al. (2005), 100 g de batata suprem cerca de 10% das necessidades diárias de um adulto em tiamina, niacina, vitamina B6 e ácido fólico; 50% em vitamina C além de 840 mg de potássio.

A batata faz parte de uma dieta balanceada (Tabela 1), apresentando nutrientes e proteínas importantes para funções vitais do organismo que se correlacionam com a prevenção e tratamento de doenças (ACEVEDO; BRESSANI, 1989; VICENTE et al., 1996; FREITAS, 2001; PEREIRA et al., 2005).

Segundo Stanley et al. (1989), a batata apresenta 2,1% de proteína total, o que representa cerca de 10% de seu peso seco, podendo render cerca de 300 kg de proteína por hectare. As duas principais frações de proteína encontrada na batata são oriundas da globulina (tuberina) e glutelina (tuberinina) representando cerca 70 e 30% respectivamente.

Para Burton (1989) a batata apresenta um balanço adequado de proteína e energia. Segundo Pimenta et al. (2011), o tubérculo é pobre em gordura, porém rico em carboidrato representando cerca de 20% da matéria seca. O teor de matéria seca é dependente da cultivar, condições de cultivo, época de colheita, dentre outros fatores, e o percentual deste valor irá influenciar a qualidade do processamento.

A batata é a olerácea de maior importância comercial para o Brasil (PAULETTI; MENARIN, 2004). O Brasil ocupa o 19º lugar no *ranking* da produção mundial de batatas, sendo auto-suficiente na produção para atender o mercado da batata *in natura*. Por outro lado o Brasil ainda depende da importação para atender o mercado de batata processada, principalmente da pré-frita congelada. A produção brasileira de batata assume um importante papel seja no aspecto econômico ou social, estando entre os dez principais produtos agrícolas do país, sendo cultivada principalmente nas regiões Sul e

Sudeste, com Minas Gerais, Paraná e São Paulo responsáveis por mais de 90% da produção brasileira (PÁDUA, 2007).

Tabela 1: Valores médios da composição química da batata (g/100g).

Umidade	74 – 76
Carboidratos	17 – 19
Proteínas	1 – 2,5
Gorduras	0,1
Sais Minerais	0,7 – 0,9
Vitamina B ₁	0,0006
Vitamina B ₂	0,0011
Vitamina C	0,0105
Vitamina E	0,0001

Fonte: Vicente et al., (1996).

Segundo estudos desenvolvidos pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAASP), no ano de 1997, revelaram que no setor produtivo, cada hectare de batata gera anualmente de 3 a 4 empregos diretos. Com base nesta estimativa, calcula-se que a área total cultivada com batata pode originar anualmente, mais de 415 mil empregos diretos, sem contar com os empregos em outras áreas da cadeia (VILELA et. al., 2005).

De acordo com a Associação Brasileira da Batata (ABBA, 2007) e a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008), pesquisas realizadas pelo Centro Internacional de la Papa (CIP, Peru), revelaram que em todo o mundo as pessoas irão consumir mais batatas até o ano de 2020.

A produção nacional de batata é quase toda destinada ao mercado do tubérculo *in natura*, exceto uma pequena quantidade que é destinada ao processamento industrial na forma de batata “chips”, batata palha, pré-fritas congeladas, batata desidratada, farinha e amido (PIMENTA et al., 2011).

Na última década, têm-se observado em muitos países, inclusive no Brasil, uma redução na aquisição da batata *in natura* para processamento doméstico e um aumento considerável do consumo de batata processada industrialmente, principalmente na forma de fritura. Desse modo, torna-se essencial a identificação dos parâmetros de qualidade dos tubérculos de batata, pois estes irão definir a qualidade do produto final

(ANDREU et al., 2007) e estes parâmetros sofreram influência principalmente do manejo, adubação e da escolha da cultivar empregada (QUADROS et al., 2009).

Nos pontos de venda do tubérculo *in natura*, o consumidor escolhe a batata prioritariamente pelo formato, cor e brilho da casca, e pelo preço de aquisição, se interessando pouco pelas características de qualidade e composição interna (FERNANDES et al., 2010).

Segundo Feltran et al. (2004) a procura de informações por parte dos consumidores no que diz respeito à adequada forma de preparo e utilização da batata tem sido cada vez maior.

Nardin (2009) realizou estudos em cinco cidades para identificar o perfil do consumidor quanto aos locais e formas de compra, principais formas de consumo/preparo de batata e o motivo da compra. Dos entrevistados 97% disseram gostar de batata. Os supermercados é o principal ponto de venda, representando 66% do total, seguidos por outros estabelecimentos (padarias, lanchonetes, entre outros) com 18% de participação, e as feiras e quitandas, ambas participando com 8%. Observou-se que quanto menor a renda familiar e maior a idade do entrevistado, maior a participação em feiras e quitandas como ponto de compra de batata. Ainda verificou-se quanto à forma de consumo (Figura 1), a preferência da batata frita seguida pela batata assada, massa, purê, salada e sopa. Entre os jovens existe preferência pelas batatas fritas ou assadas.

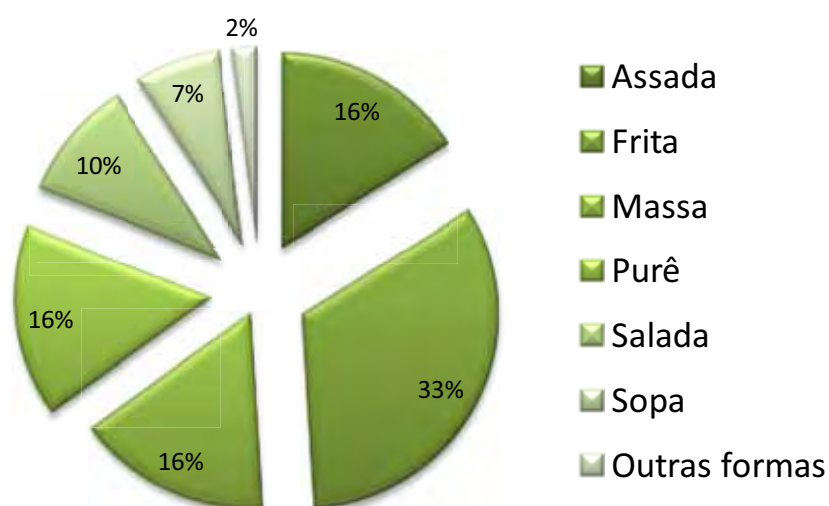


Figura 1: Percentual do consumo de batata segundo as diferentes formas de preparo. Fonte: Nardin (2009).

Segundo Nardin (2009) os resultados apontam tendência à diminuição per capita da aquisição do tubérculo *in natura* para o processamento doméstico, em favor de uma alimentação fora da casa ou da utilização de produtos semi-prontos e prontos. A praticidade desses produtos industrializados está relacionada à rapidez e facilidade no preparo, além do maior tempo de armazenamento, o que não ocorre com os produtos *in natura*.

2.1.1. Descrição das cultivares

A adoção de cultivares de batata depende da sua adaptação às condições de solo e clima, aos sistemas de produção e ao mercado. As principais variedades cultivadas no Brasil são: Agata, Atlantic, Asterix, Cupido, Markies e Caesar. Dentre outras cultivares como Mondial, BRS Elisa, Panda e Vivaldi (ABBA, 2010).

A mudança de variedades resulta de uma série de fatores relacionados ao processo de globalização. A situação atual demanda urgentemente de novas variedades específicas, devido ao crescimento ininterrupto do consumo de batata industrializada (ABBA, 2010).

Devido à necessidade e a carência do mercado consumidor por cultivares específicas, um estudo mais detalhado sob potenciais fontes de matéria-prima têm se tornado cada vez mais necessário. Contudo, diferentes cultivares estão sendo introduzidas e adaptadas as condições de nosso país com a finalidade de suprir a demanda do mercado consumidor, entre elas estão: Snowden, BRS Ana, Harley Beckhell, Pirassu, Marlen, Marcy, Colorado e Beacon Chipper.

2.1.1.1. BRS Ana

A cultivar BRS Ana foi desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa em conjunto com o IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), sendo liberada em 2007 (PEREIRA et al., 2008a).

Os tubérculos apresentam formato oval, película vermelha e levemente áspera, polpa branca e olhos rasos. Possuem elevados valores de peso específico e matéria seca (PEREIRA et al., 2008a, b).

BRS Ana destaca-se em aparência em relação a outras cultivares de película vermelha disponíveis no mercado (PEREIRA et al., 2008a). Também, tem sistema radicular profundo o que lhe confere boa resistência à seca. No preparo doméstico pode ser utilizada para a elaboração de salada e purê, no entanto, é mais adequada para a fritura à francesa (palitos), devido ao formato e tamanho dos tubérculos. Pode ser utilizada no processamento industrial de palitos pré-fritos congelados (EMBRAPA, 2007).

2.1.1.2. Marlen

Cultivar de origem holandesa, os tubérculos são ovais a redondo-ovalado, uniformes com pele amarela, casca lisa e moderadamente lisa, polpa de cor amarela clara e olhos semiprofundos, apresentam boa resistência ao escurecimento por impacto com alto a bom teor de matéria seca. A cultivar é recomendada para ser processada na forma de fritas, chips e palha, apresenta uma consistência elevada quando cozida e pouco escurecimento após cozimento (PÁDUA et al., 2012).

2.1.1.3. Snowden

Cultivar de origem americana lançada em 1990. A cultivar apresenta alto rendimento agrícola com grande número de tubérculos pequenos. Responde bem a adubação nitrogenada e necessita de altos níveis de umidade. Os tubérculos apresentam alta densidade, boa capacidade de armazenamento e períodos relativamente curtos de dormência, porém, apresenta moderado escurecimento por impacto. Tubérculos indicado para fritas, cozimento e indústrias de panificação (SNOWDEN, 2013).

2.1.1.4. Marcy

Cultivar de origem americana desenvolvida em 1990 na Universidade de Cornell (Nova York). Os tubérculos são ovais, ligeiramente achatados, pele amarela clara, olhos rasos, predominantemente apicais e polpa branca. Em estágio de maturação avançada os tubérculos são relativamente grandes, apresenta alto rendimento

agrícola com poucos defeitos. Cultivar indicado para fritas e aceitável para cozimento e panificação (DE JONG et al., 2006).

2.1.1.5. Colorado

Cultivar de origem francesa apresenta tubérculos ovais alongados, graúdos e uniformes. A pele dos tubérculos se apresenta de cor vermelha fosca com polpa amarela clara. Suas principais aptidões culinárias estão voltadas para o processamento de batatas na forma de palitos (pré-fritas congeladas e batata palha) (PÁDUA et al., 2012).

2.1.1.6. Beacon Chipper

É uma variedade norte americana clonada e identificada na Universidade do Estado de Michigan. A cultivar apresenta um alto rendimento agrícola, sendo os tubérculos redondos com pele amarela e polpa branca, olhos rasos, com boa resistência ao armazenamento, e tolerância ao escurecimento por impacto/pressão quando comparada com a cv Snowden. Essas características a tornam apropriadas para o mercado de processamento na forma de chips (DOUCHES et al., 2006).

2.2. Amido

O amido constitui o mais abundante carboidrato de reserva nas plantas superiores, representando cerca de 80% do teor de matéria seca e 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes do amido nas plantas ocorrem nos órgãos de reserva como é o caso de grãos em cereais (milho, arroz) e de tubérculos e raízes (batata e mandioca), (LEONEL; CEREDA, 2002).

Segundo Cereda et al. (2001) o amido é o produto fotossintético e reserva de carbono das plantas. Sua formação ocorre devido a atividade coordenada de algumas enzimas, tanto nas organelas fotossintéticas ativas, onde o amido é reserva temporária, quanto nos amiloplastos de órgãos de reserva.

Segundo Fontes e Finger (1997) a deposição dos grânulos de amido nos amiloplastos decorre da transformação de sacarose, glicose e maltose em amilose e

amilopectina. Diversas enzimas participam da síntese do amido tendo como precursor comum a glicose-1-fosfato (G-1-P). Relatos literários apontam que a rota predominante de síntese é por meio da ADP-glicose pirofosforilase, sendo que a enzima amidofosforilase parece causar uma degradação do amido.

Como matéria-prima para indústrias em geral, o amido, esta disponível em quantidades suficientes e os processos industriais permitem que o mesmo seja extraído com elevado teor de pureza, sendo uma fonte renovável e não tóxica (VAN DER BURGT et al., 2000).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo formado por duas macromoléculas: amilose e amilopectina. As proporções em que essas estruturas ocorrem diferem: dentre as fontes botânicas, variedades e grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004; TESTER et al., 2004), apresentando características químicas, físicas e nutricionais superiores aos demais carboidratos (WHISTLER; BEMILLER, 1997).

Galliard e Bowler (1987) observaram que a maioria dos grânulos de amido apresenta diâmetro que varia entre 1 a 100 μm , sendo que os derivados de cereais possuem diâmetros menores e maior concentração de proteínas e lipídios.

Para Cereda e Vilpoux (2004) o tamanho e a forma dos grânulos de amido (Tabela 2) estão entre os fatores importantes para estabelecer seus usos potenciais. O amido de batata possui uma ampla distribuição de tamanho de grânulo, variando de 5 a 100 μm (NODA et al., 2005).

Para Hoover (2001) a maioria dos grânulos de amido é oval, podendo apresentar formas arredondadas, esféricas, poligonais e muitos apresentam formas irregulares.

Tabela 2: Variação da forma e diâmetro (μm) de grânulos de amido de algumas fontes botânicas.

Nome Científico	Forma	Diâmetro (μm)	
		Maior	Menor
<i>Ipomoea batatas</i>	Esférica	15	12
<i>Solanum tuberosus</i>	Ovalados	120	5
<i>Manihot esculenta</i>	Esférica, semiesférica	12	11
<i>Oryza sativa</i>	Poliédrica	6	6
<i>Sorghum vulgare</i>	Poliédrica	15	14
<i>Zea mays</i>	Poliédrica	15	12

Fonte: Hurtado, (1997) citado por Daiuto, (2005).

Todos os grânulos de amido apresentam um centro de nucleação chamado de hilo, ao redor do qual se desenvolve o grânulo (WHISTLER; DANIEL, 1993; BILIADERIS, 1991). Segundo Franco et al. (2001) a organização estrutural dos anéis de crescimento afeta o comportamento do amido nativo ou modificado, por corresponderem a regiões alternadas de baixo e alto índice de refração, densidade e cristalinidade (regiões cristalinas e amorfas, Figura 2).

Zobel et al. (1988) observaram que o grânulo de amido é birrefringente, e apresenta uma típica cruz de malta sob luz polarizada, podendo ser excêntrica ou cêntrica. A birrefringência não implica necessariamente em uma forma cristalina e sim em um alto grau de organização molecular.

Para os autores Galliard e Bowler, (1987); Imberty et al. (1991); Parker e Ring (2001) a organização estrutural confere ao amido um caráter semicristalino, com regiões ordenadas (cristalinas) onde se encontra a amilopectina, não existindo evidências de participação da amilose e regiões amorfas.

As cadeias de amilopectina estão organizadas de formas distintas, sugerindo uma classificação do tipo A, B e C (Figura 2). As cadeias do tipo A são formadas por uma cadeia não redutora de glicose, unida por ligações $\alpha - (1,4)$ sem ramificações. As cadeias do tipo B são compostas por ligações em $\alpha - (1,4)$ e $\alpha - (1,6)$, contendo várias cadeias do tipo A. A cadeia do tipo C é única em uma molécula de amilopectina, sendo composta por ligações $\alpha - (1,4)$ e $\alpha - (1,6)$, com grupamento terminal redutor (LAJOLO E MENEZES, 2006; VANDEPUTTE e DELCOURT, 2004).

Segundo Be Miller (1997) não se pode generalizar sobre as propriedades e comportamentos de cada amido, sendo cada amido único e exclusivo, decorrentes de diferentes fontes botânicas. Reconhecendo isso abrir-se-iam caminhos para novos produtos.

Quando novos produtos são desenvolvidos, amidos com propriedades específicas são utilizados para conferir funcionalidade desejável aos alimentos (ALVES; GROSSMANN; SILVA, 1999). O amido pode ser utilizado em alimentos instantâneos, pudins, balas, produtos a base de carnes e peixes. Pode ser aplicado também em diferentes processos industriais, destacando-se a área têxtil e celulósica (papel) (LEONEL; CEREDA, 2002; FRANCO et al., 2001 HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

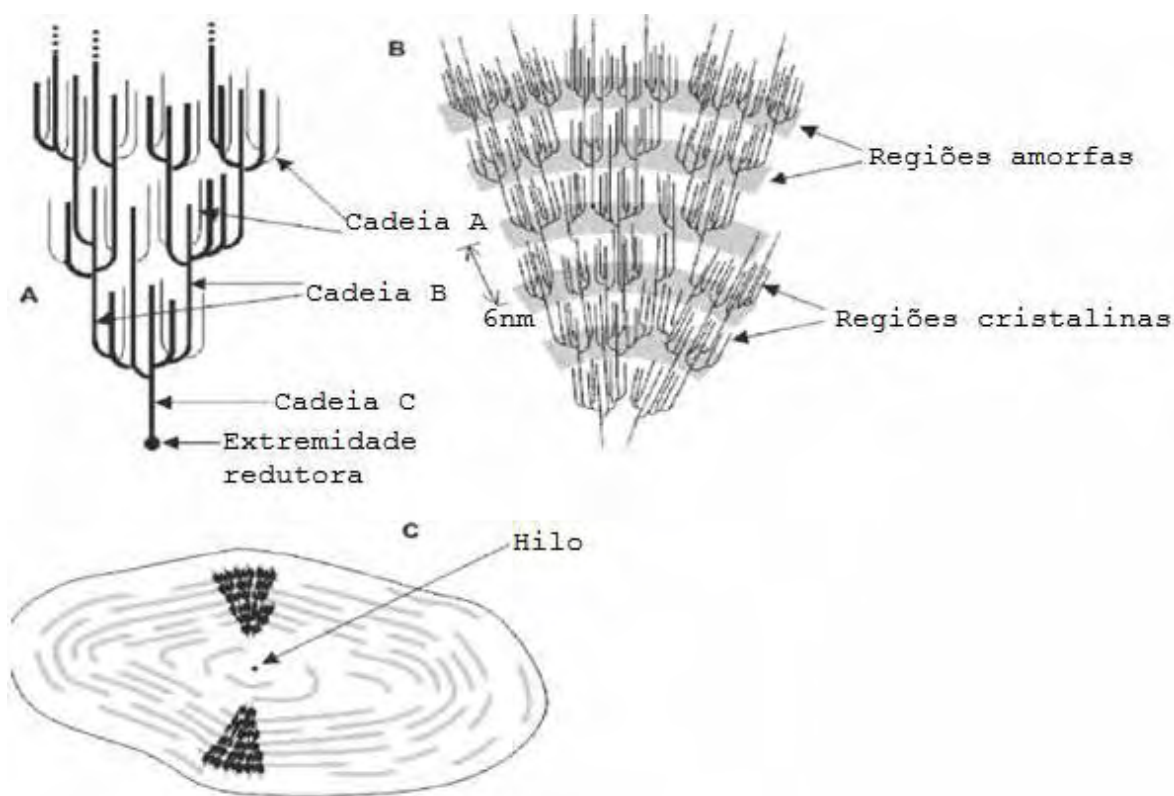


Figura 2: Estrutura do grânulo de amido. A) Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura do grânulo dividida em regiões amorfas e cristalinas. C) Modelo da estrutura do grânulo com visualização dos anéis de crescimento e centro de nucleação. Fonte: PARKER e RING (2001).

Freqüentemente, os amidos nativos ou naturais não são os mais adequados para processamento, pois se hidratam facilmente, intumescem rapidamente, rompem-se, perdem viscosidade e dão origem a uma pasta pouco espessa, bastante elástica e coesiva. Então, torna-se necessário modificar o amido nativo por meio de tratamento físico, enzimático e/ou químico para proporcionar características desejáveis aos alimentos (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2001).

Para Peroni (2003) o desenvolvimento de amidos alimentares modificados quimicamente tem se tornado cada vez mais difícil. As restrições impostas principalmente pelo mercado consumidor a amidos modificados têm obrigado empresas a buscar amidos nativos com características especiais que atendam a necessidade do mercado consumidor.

2.3. Estrutura do grânulo de amido

Pode-se afirmar que o amido é o produto originário da reação de condensação de moléculas de α -glicose com posterior desidratação (Figura 3). Os amidos são carboidratos que, por hidrólise darão origem a grande quantidade de monossacarídeos (SWINKLES, 1985).

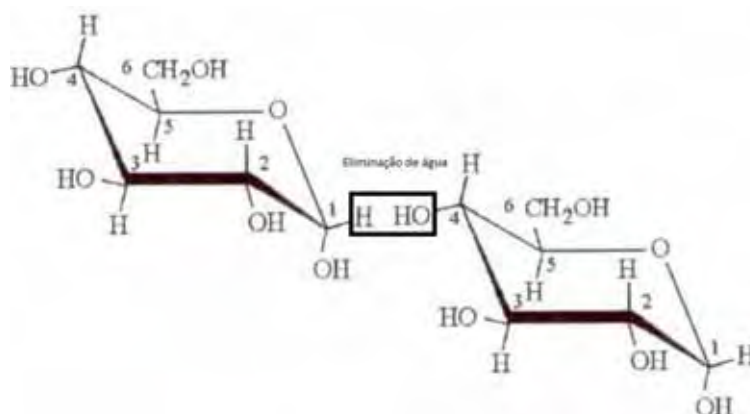


Figura 3: Moléculas de glicose sofrendo desidratação. Fonte: Swinkles (1985).

Quimicamente, o amido é um carboidrato polimérico que consiste de resíduo de α -D-glicose formada por ligações glicosídicas especificamente nos carbonos 1-4 e 1-6. O amido apresenta dois tipos de polímeros de α -D-glicose: a amilose com cadeia essencialmente linear, com ligações glicosídicas α -D-(1 \rightarrow 4), e um polímero de glicose ramificado denominado amilopectina, com ligações glicosídicas α -D-(1 \rightarrow 4) e α -D-(1 \rightarrow 6) (TAGGART, 2004).

2.3.1. Amilopectina

A amilopectina é uma molécula grande, altamente ramificada, formada por cadeias curtas de Glucanas, com massa molecular média da ordem de 10^7 - 10^9 . Segundo Manners e Matheson (1981) a amilopectina é formada por cadeias α -glucanas, ligadas entre si de modo a formar cadeias ramificadas. Estas ramificações são oriundas de ligações glicosídicas α -1,6 com média de uma ligação a cada 18 a 28 unidades de glicose, contendo a molécula entre 4 - 5% este tipo de ligação (Figura 4).

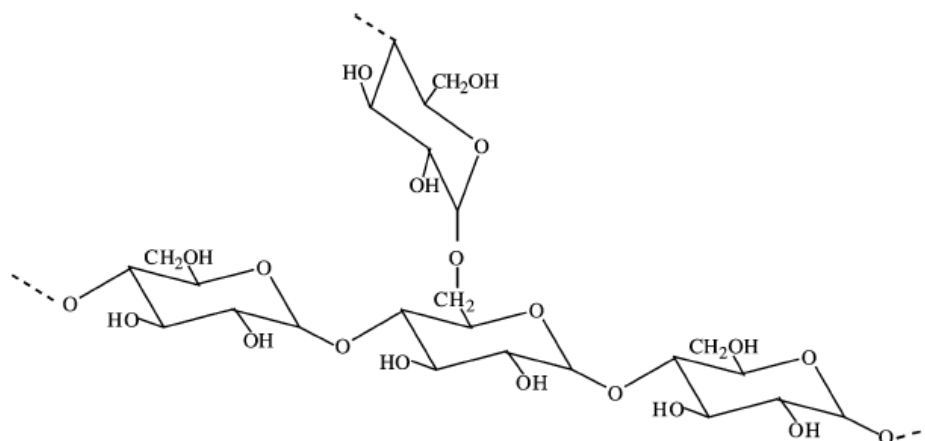


Figura 4: Estrutura da amilopectina. Fonte: Muralikrishna e Nirmala (2005).

A hipótese mais aceita para a estrutura da amilopectina é o modelo de *Clusters*. Este propõe uma cadeia principal denominada C responsável por carregar o grupo redutor da molécula e inúmeras ramificações, cadeias dos tipos A e B. As cadeias do tipo A se ligam às cadeias B por ligações α -1,6, e não se ligam a nenhuma outra cadeia. Já as cadeias B apresentam-se ligadas a outras cadeias (A ou B) por ligações α -1,6 (Figura 5) incluindo a cadeia C. A relação entre essas cadeias é chamada de grau de ramificação (HOOVER, 2001).

As ramificações presentes na cadeia da amilopectina consistem em um grande número de cadeias laterais lineares curtas, arranjadas em duplas hélices, formando cachos ou *clusters* (Figura 5). Estas estruturas são extremamente compactas, resultando em regiões cristalinas, conhecidas pela resistência ao ataque ácido e/ou enzimático (lamela cristalina). Estas regiões se alternam com regiões amorfas, mais susceptíveis à hidrólise ácida, que são pouco ramificadas e menos compactas (lamela amorfa) (CORDENUNSI, 2006).

Inúmeros estudos estão sendo desenvolvidos nos últimos anos com o intuito de propor modelos estruturais para explicar a maneira como as cadeias isoladas agregam-se formando uma estrutura altamente ramificada, além de estudos que envolvem medidas de comprimento médio de cadeias e a proporção das cadeias A e B na estrutura do grânulo de amido (FRANCO et al., 2001; WANG et al., 1993).

apresentou amilose de maior massa molecular do que os amidos de inhame e batata-doce. A batata normal apresenta em média um percentual de 20% de amilose, enquanto a batata cerosa não apresenta amilose aderida a seu grânulo.

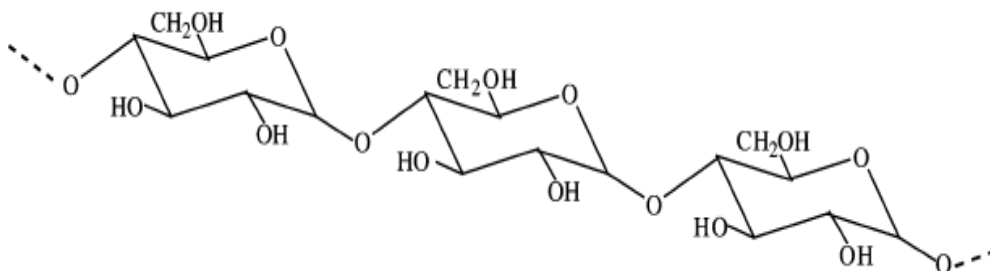


Figura 6: Estrutura da molécula de amilose. Fonte: Muralikrishna e Nirmala (2005).

A molécula de amilose, conforme observou Hoover (2001), apresenta facilidade em adquirir conformação helicoidal. As cadeias de α -D-glicose costumam enrolar-se em espiral, formando uma estrutura cristalina na qual a hélice é formada por pontes de hidrogênio entre os grupos hidróxidos das moléculas (Figura 7). As hélices consistem em média por seis unidades de resíduo de glicose por volta (0,8 nm) e uma cavidade hidrofóbica.

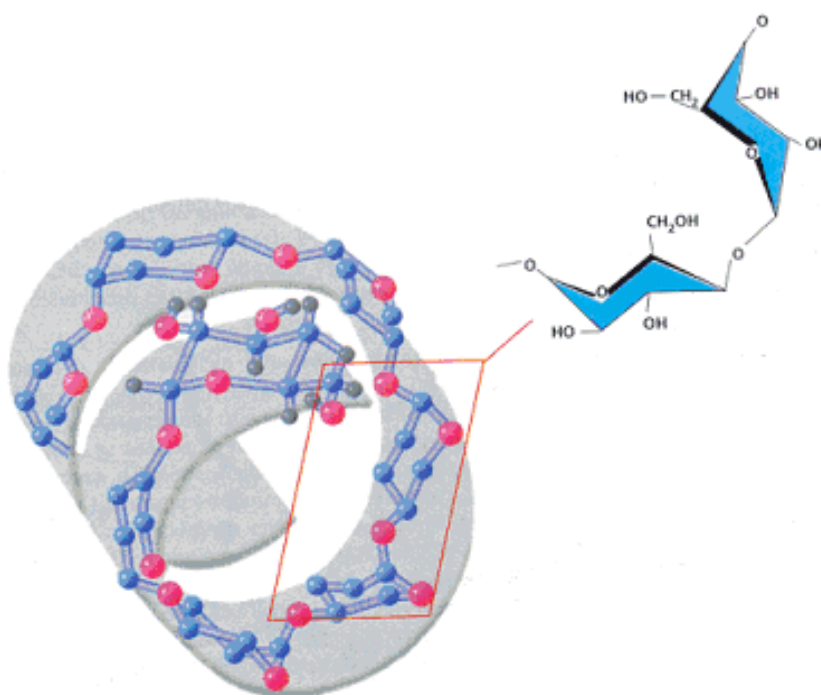


Figura 7: Representação da conformação helicoidal da amilose. Fonte: Campbell (2000).

O interior da hélice é lipofílico contendo predominantemente átomos de hidrogênio, enquanto as hidroxilas permanecem na parte externa. Esses hidrogênios podem ser substituídos por moléculas de ácidos graxos e lisofosfolípídios dando origem a um complexo amilose-lipídeo, conforme demonstrado na Figura 8 (TESTER, 1997; MORRISON, 1995).

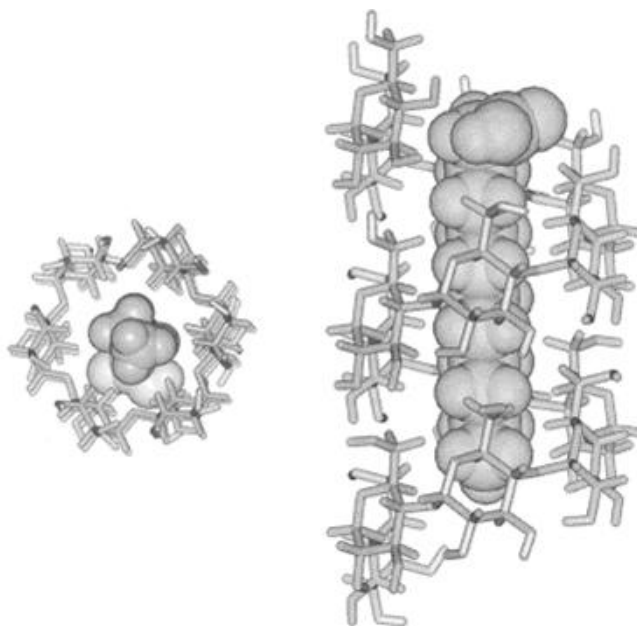


Figura 8: Modelo para o complexo amilose-lipídeo, mostrando a inclusão da região alifática do ácido graxo no interior da hélice de amilose. Fonte: Buléon et al. (1998).

A complexação com lipídios, particularmente com mono e diglicerídeos, é uma propriedade bem conhecida da hélice de amilose. A formação e a integridade estrutural dos complexos amilose-lipídeo variam em função de fatores como a temperatura, pH, contato e/ou tempo de mistura entre o polímero de amilose e a molécula do ácido graxo ou glicerídeo. Em consequência da formação do complexo amilose-lipídeo, a temperatura de gelatinização, a textura, perfil da viscosidade de pasta e a taxa de retrogradação dos amidos poderão ser alterados (THOMAS, ATWELL, 1999).

Para Takizawa et al. (2004) as características físico-químicas dos amidos e suas propriedades podem ser em sua maior parte explicadas pelos teores de amilose. Na Tabela 3 demonstra-se o teor de amilose de algumas fontes botânicas, verificada por diversos autores relatados por Takizawa et al. (2004).

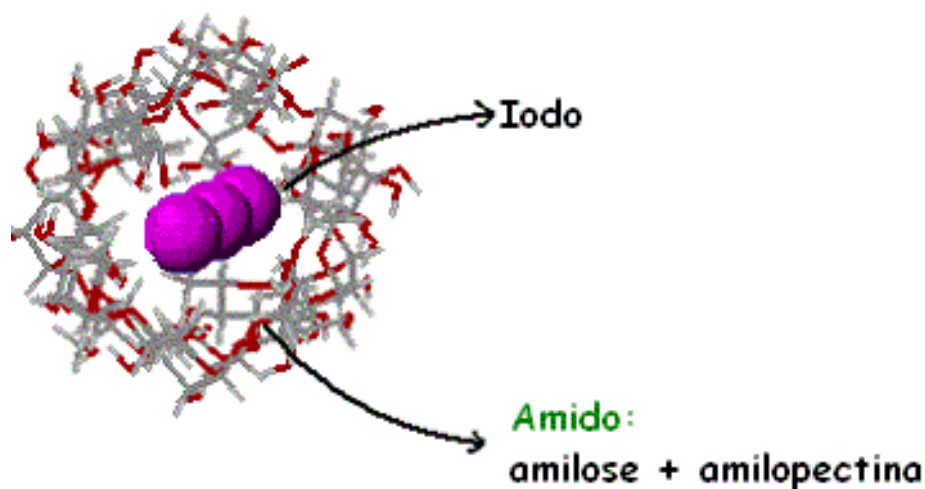
Tabela 3: Teores de amilose dos amidos de algumas fontes botânicas.

Fonte	Amilose (%)
Batata	25,4 ¹
Batata-doce	19,1 ¹
Mandioquinha-salsa	23,0 ²
Milho	24,5 ³
Milho ceroso	1,1 ³
Mandioca	18,1 ¹

Fonte: Takizawa et. al., 2004 - ¹Hoover (2001); ²Leonel e Cereda (2002); ³Zheng e Sosulki (1998).

Jane e Chen (1992) estudaram a relação entre as propriedades funcionais e as características estruturais de amidos de diferentes fontes botânicas. Os resultados apontaram que o comprimento da cadeia de amilopectina afeta drasticamente as propriedades de pasta, como a viscosidade, força do gel e opacidade. A amilopectina de cadeia longa e a amilose de tamanho intermediário, contribuíram para o efeito sinérgico na viscosidade.

McPherson e Jane (1999) demonstraram em seus estudos que através da titulação com iodo, o amido nativo de batata apresenta maior teor de amilose aparente (37,8%) que o amido de batata ceroso (19,2%), batata-doce (33,1%) e inhame (29,2%), isto devido à capacidade das cadeias laterais de amilopectina interagirem com o iodo (Figura 9). Subtraindo a capacidade de interação da amilopectina pelo iodo os resultados reais de amilose absoluta foram: batata normal (18,3%), batata ceroso (0%), batata-doce (22,8%) e inhame (17,7%).

**Figura 9:** Complexo com iodo formado pelas macromoléculas de amilose e amilopectina.

Para Swinkels (1985) a amilose é considerada a responsável pelo processo de retrogradação, sendo esta uma das mais importantes propriedades do amido. Segundo Vieira (2004) existe uma relação entre o comprimento da cadeia de moléculas de amilose e a facilidade em retrogradar. Moléculas muito grandes ou muito curvas têm dificuldade em se reassociarem, diminuindo a velocidade de retrogradação (SWINKELS, 1985).

Para Alexander (1995) o amido de batata apresenta pasta extremamente clara com baixa tendência a retrogradação. O autor atribui esta ocorrência ao fato do amido de batata apresentar alta massa molecular da fração amilose e alto teor de grupos fosfatos.

O grau de polimerização da amilose depende da fonte do amido. Amidos de batata e mandioca contêm moléculas de amilose com alto grau de polimerização quando comparadas com amidos de milho e trigo (SWINKELS, 1985).

Além de amilose e amilopectina, os grânulos de amido também apresentam teores de umidade, lipídios, proteínas e minerais (KEARSLEY; DZIEDZIC, 1995). As proteínas e as cinzas se apresentam em teores diminuídos em tubérculos, não chegando assim a influenciar suas propriedades funcionais (HOOVER, 2001). Além desses, pode existir ainda fragmentos da parede celular; componentes superficiais, removíveis por procedimentos de extração e componentes internos (HOOVER, 2001).

2.3.3. Mercado Consumidor

Em torno de mil produtos acabados, incluindo amidos e derivados, provêm da industrialização de amido e são destinados a usos alimentares e não alimentares, em mercados de especificações e tamanhos diversos. Esses mercados podem ser classificados, em função do tipo de utilização industrial, em quatro setores: agroalimentar, papelero, químico e têxtil. Vários outros setores requerem também o uso de amido, mas em proporções menores, tais como as indústrias metalúrgica, petroleira, de construção, etc. (LEYGUE, 1994).

Alexander (1995) chama a atenção para o fato de que no setor industrial, amidos catiônicos de batata são muito superiores na fabricação de papel. Este

derivado apresenta propriedades anfóteras, que são particularmente úteis para reter vários produtos químicos adicionados no processo úmido de fabricação de papel.

As possibilidades de aplicações industriais de diferentes amidos são praticamente inesgotáveis, bastando haver adequação ou alteração de suas características físico-químicas às necessidades dos processos e produtos. A Figura 10 demonstra os mercados consumidores de material amiláceo na União Européia que atingiram 8,7 milhões de toneladas em 2008. De acordo com a *Association des Amidonniers et Féculiers*, a indústria do amido na União Européia processa cerca de 21,6 milhões de matérias-primas e produz mais de 9,0 milhões de toneladas de amido e seus derivados.

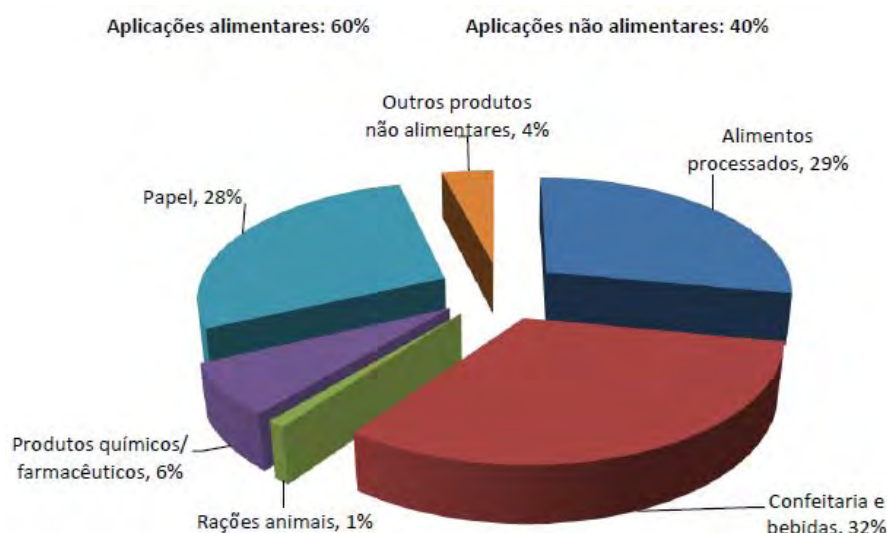


Figura 10. Percentual de aplicação dos produtos amiláceos, nos diversos setores industriais relativo à União Européia. Fonte: Adaptado de AAF (Pinto 2009).

2.3.4. Material Intermediário

Segundo Wang et al. (1993); Kasemsuwan et al. (1995) existe um terceiro componente no amido denominado de material intermediário. Quantidade e estrutura deste material variam de acordo com o tipo e grau de maturação do grânulo (WANG et al., 1993). Para Biliaderis (1991) e Gérard et al. (2001) este material apresenta massa molecular menor que a amilose e uma estrutura levemente ramificada, com grau de ramificação entre amilose e amilopectina.

2.3.5. Propriedades de Pasta dos Amidos

Grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando aquecidos, ocorre um inchamento irreversível dos grânulos, produzindo uma pasta viscosa (WHISTLER; Be MILLER, 1997). Este fenômeno é conhecido como gelatinização do amido, e depende de vários fatores como a fonte e concentração do amido e temperatura durante o aquecimento (MORIKAWA; NISHINARI, 2000).

A gelatinização é uma terminologia geral para descrever as mudanças que ocorrem no amido quando aquecido na presença de água. O conhecimento dessa etapa é necessário antes do consumo de alimentos à base de amido (CASTRO, 2006).

Gelatinização é definida como sendo o rompimento da ordem molecular dentro do grânulo de amido manifestada em mudanças irreversíveis como aumento de tamanho granular, fusão de cristais, perda da birrefringência, solubilização do amido (THOMAS; ATWELL, 1999). Durante esse processo, que geralmente acontece na presença de água, também ocorre à lixiviação da amilose e desorganização da estrutura da amilopectina (Figura 11) (ATWEL et al., 1988).

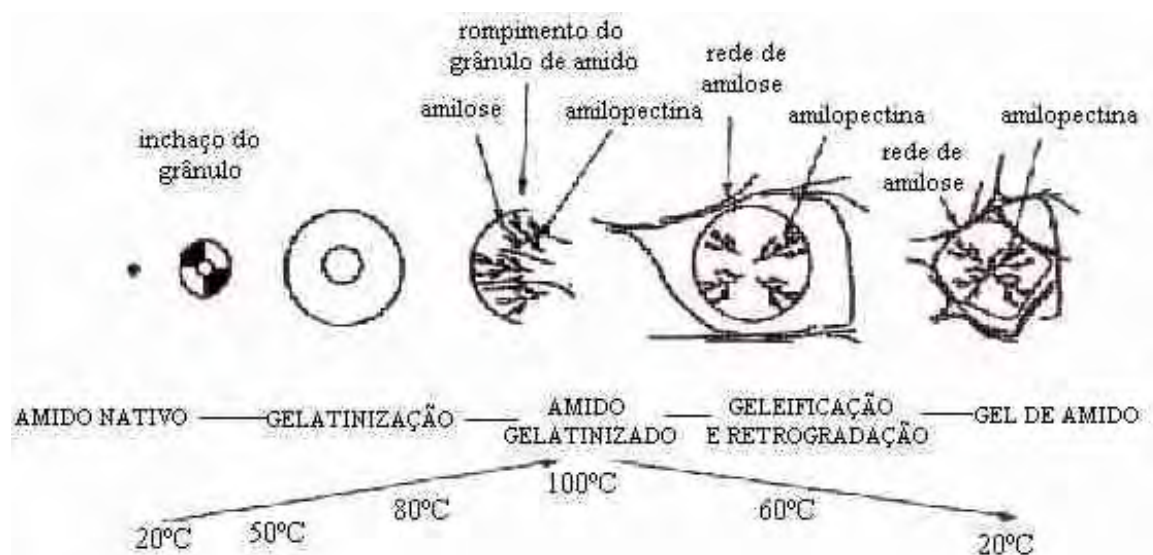


Figura 11. Influência da temperatura em excesso de água sobre o grânulo de amido. Fonte: Bornet (1991).

A determinação do poder de inchamento e solubilidade é realizada em temperaturas elevadas, momento em que ocorre o rompimento das ligações de hidrogênios. Com isso, as moléculas de água fixam-se deixando livres as hidroxilas e os grânulos continuam o intumescimento resultando em aumento da solubilidade (LIMBERGER et al., 2008). Em consequência direta deste processo como observado por Diniz (2006) é o aumento da solubilidade, claridade e viscosidade da pasta de amido.

Segundo Jenkins (1994) o inchamento do grânulo de amido durante a gelatinização age para desestabilizar os cristais de amilopectina dentro da lamela cristalina, os quais são rompidos separadamente (cristais menores são destruídos primeiro). Este processo ocorre rapidamente para um cristal individual, mas sob uma ampla faixa de temperatura para o amido como um todo, sendo que, a intensidade e perfeição das áreas cristalinas irão refletir na temperatura de gelatinização.

Quando suspensões aquosas de amido são submetidas ao Analisador de Viscosidade Rápida (RVA – Rapid Visco Analyser), ocorre um aumento da viscosidade na fase inicial de aquecimento, passando por um período de temperatura constante (95°), nesta fase ocorre o rompimento dos grânulos de amido. Em seguida é alcançada à fase de resfriamento, neste momento os grânulos de amido começam a se reorganizar gerando um novo pico de viscosidade que é registrado, conhecido como tendência a retrogradação (Figura 12).

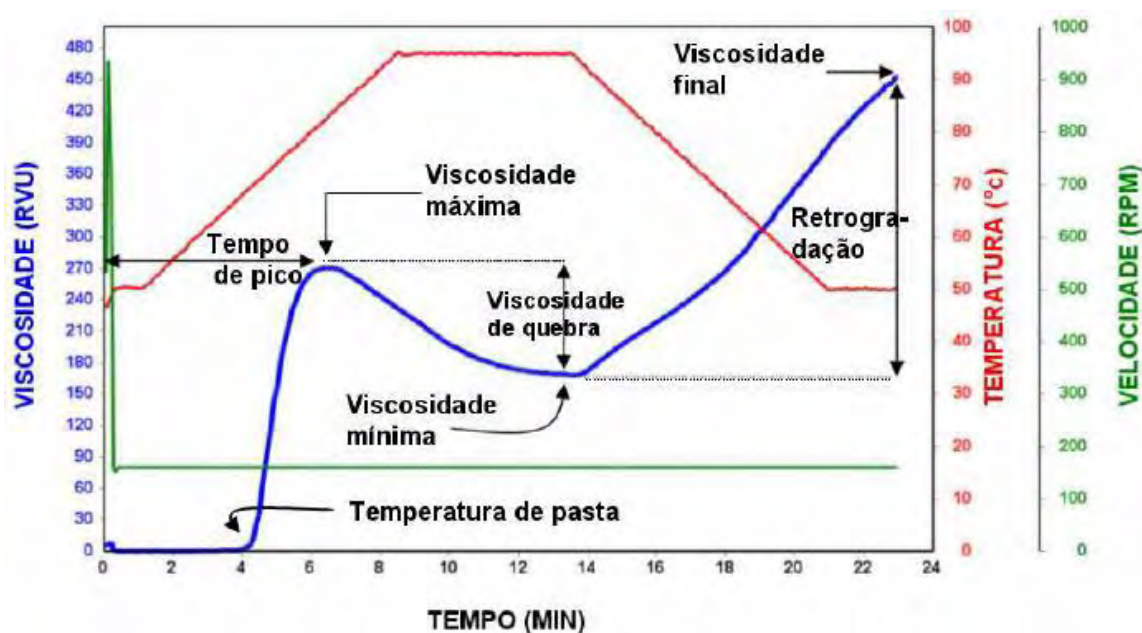


Figura 12. Curva típica obtida em RVA.

A gelatinização do amido em meio aquoso é um processo que depende da quantidade de água do meio e, portanto, sofre influências de compostos que competem pela água com o grânulo como açúcares e sais minerais. A gelatinização do amido torna o grânulo mais susceptível a hidrólise enzimática e a ação mecânica (GALVANI; CAMARGO; CIACCO, 1994).

Segundo Billiaderis (1991) os amidos expandem cerca de 10 a 20 % em água fria, e isso ocorre devido à difusão e a absorção de água dentro das regiões amorfas. Entretanto, esta expansão é reversível pela secagem.

O material amorfo obtido após a gelatinização e esfriamento do amido, não está em estado de equilíbrio, mas durante o armazenamento da amostra, ocorre um processo de reassociação e recristalização das cadeias, processo denominado de retrogradação, o qual foi observado pela primeira vez por Boussingault em 1852 (CASTRO, 2006; ATWELL et al., 1988).

2.3.6. Propriedades Térmicas

O conhecimento das propriedades térmicas dos amidos pode ajudar a determinar sua funcionalidade específica e, portanto, sua utilidade na indústria de alimentos (KRIEGER et al., 1997).

O estudo do comportamento térmico de amidos, incluindo temperaturas de gelatinização, retrogradação, temperatura de transição vítrea e cristalização foram nos últimos vinte anos muito estudados utilizando-se o Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC - Differential Scanning Calorimeter) (YU; CHRISTIE, 2001).

Cada amido tem sua característica única de gelatinização, T_0 , T_p e T_f (temperaturas inicial, de pico e final) e sua entalpia de gelatinização (ΔH) obtidas pelo DSC (TESTER, 1997). Depois de atingida a temperatura final, as duplas hélices da amilopectina são dissociadas, embora a expansão da estrutura granular possa ser conservada até que temperaturas mais altas e cisalhamentos sejam aplicados. Acima de 95°C um gel amorfo é formado (BLENNOW et al., 2000).

A cristalinidade do amido pode ser estimada pela variação da entalpia (ΔH), energia necessária para fundir os segmentos de duplas hélices. As

temperaturas de gelatinização (inicial e de pico) podem ser usadas como medida da estabilidade ou perfeição das regiões cristalinas, e a largura do pico endotérmico como estimativa da heterogeneidade da estrutura cristalina (BLENNOW et al., 2000).

Noda et al. (1996) concluíram que os parâmetros do DSC são influenciados principalmente pela arquitetura molecular da região cristalina, o que corresponde a distribuição das cadeias curtas de amilopectina, e não pela razão entre amilose e amilopectina da região cristalina. Esses autores mostraram que em estudos de amidos de batata doce e trigo, os resultados de t_0 , t_p , t_f e ΔH eram baixos e refletiam a presença abundante de cadeias curtas de amilopectina.

Grupos monoéster fosfato podem promover natureza hidrofílica dos amidos por introduzir grupos fosfatos carregados negativamente nas cadeias de amido, aumentando a capacidade de ligação com a água, poder de inchamento e claridade da pasta, como ocorre com o amido de batata. Por sua vez, o amido de trigo, apresentando teores mais elevados de grupos fosfatos, forma complexos helicoidais com a amilose. Esses complexos reduzem a capacidade de ligação com a água, aumenta a opacidade das pastas e as tornam menos viscosas (TESTER; MORRISON, 1990; SWINKELS, 1985).

McPherson e Jane (1999) encontraram para os amidos de batata normal, batata ceroso, inhame e batata-doce os seguintes resultados de temperatura inicial de gelatinização: 60,8; 62,5; 64,6 e 57,9 °C, respectivamente. Os grupos monoéster fosfato na amilopectina são responsáveis pela diminuição da temperatura de gelatinização. Portanto, amidos de batata normal e ceroso, apesar de suas cadeias ramificadas longas, dão uma baixa temperatura inicial de gelatinização devido ao seu alto teor de monoéster fosfato. As mudanças de entalpia para esses amidos foram 17,3; 18,2; 13,5 e 13,3 J/g, respectivamente. Um grande valor de entalpia para batata normal e ceroso é alcançado devido ao empacotamento das cadeias ramificadas de amilopectina.

Contudo, o comportamento térmico dos amidos é muito mais complexo do que a termoplasticidade convencional causada pelas mudanças físico-químicas que ocorrem durante o aquecimento de amidos ou produtos amiláceos que envolvem gelificação, fusão, transição vítrea, cristalização, mudanças da estrutura cristalina, expansão do volume, degradação molecular e movimentação da água (YU; CHRISTIE, 2001).

Estudos apontam que as propriedades térmicas de amidos estão estritamente relacionadas com o tamanho e a distribuição de tamanho dos grânulos de amido (MADSEN; CHRISTENSEN, 1996). Campbell et al. (1996) observaram correlação positiva de alta significância entre o tamanho dos grânulos e as propriedades térmicas (DSC) de amido de 35 variedades de milho, tanto em cultivares em regiões tropicais como subtropicais.

Existe tendência de grânulos de amido nativo de maior diâmetro, inchar a temperaturas menores. Por exemplo, o amido de milho gelifica e incha no intervalo de 62 a 72 °C, mas de forma lenta. Ao contrário do amido de batata, com tamanho de grânulo superior em relação ao de milho, gelatiniza a temperaturas inferiores e seu inchamento é mais rápido (KOKINI; KOKINI, LAI; CHEDID, 1992).

Defloor et al. (1998) investigando os efeitos que as estações do ano causavam no cultivo e crescimento do amido de mandioca e em suas propriedades de gelatinização, concluíram que, segundo os resultados obtidos pelo DSC, fatores genéticos e condições ambientais afetam as temperaturas de gelatinização e entalpia.

De acordo com Ssriroth et al. (1999) a fusão dos grânulos de amido é governada pela velocidade com que a água penetra nos mesmos. O evento é composto de dois estágios, envolvendo a plasticização da amilose amorfa, seguido de hidratação e fusão das regiões cristalinas. Em excesso de água, uma rápida plasticização pode ocorrer e as duas endotermas se fundem.

Para Cottrell et al. (1995) as endotermas simples, que são exibidas quando a água está presente em excesso, ocorre devido a hidratação, seguida pelo inchamento e movimento da água entre regiões amorfas. Como as regiões cristalinas estão intimamente ligadas às regiões amorfas, o inchamento e movimento destas últimas, provocam um esforço nas regiões cristalinas, nas quais fazem as cadeias fundir-se a menores temperaturas do que teriam se fossem isoladas das regiões amorfas.

Segundo Eggleston et al. (1992) e Moorthy (1994) os grânulos de amidos que apresentam alta estabilidade ao calor podem ter essa característica atribuída às forças de ligações internas mais fortes dos grânulos e à presença de fósforo no amido na forma de éster fosfato.

Para Daiuto (2005) o fósforo inorgânico está ligado à amilose, enquanto que no amido de batata os fosfolipídios estão localizados na amilopectina.

3-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram tubérculos de batata (*Solanum tuberosum L.*) das variedades Snowden, Harley Beckhell, Marlen, Colorado, BRS Ana, Pirassu, Beacon Chipper e Marcy, colhidas com aproximadamente 5 meses após o plantio.

3.2. Localização do Experimento

As cultivares de batata foram cultivadas no município de Pouso Alegre, região serrana ao sul de Minas Gerais, latitude 22°02'34" Sul e a uma latitude 45°41'56" Oeste estando a uma altitude de 832 metros. A região apresenta um clima tropical de altitude, as chuvas de verão são mais abundantes, e no inverno as frentes frias, vindas do Pólo Sul, podem provocar o fenômeno da geada, apresentando temperatura média anual de 18,2°C. Apresenta relevo ondulado a montanhoso. A precipitação pluvial média anual no município está em torno de 1642,2 mm. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa com boa profundidade.

3.3. Manejo Agronômico

As cultivares foram plantadas na data 08 de agosto de 2011 e a colheita realizada dia 28 de novembro de 2011. O espaçamento entre sulcos adotado foi de 0,80 cm e entre plantas de 0,30 cm. Antes de ser realizado o plantio foi realizado a

adubação utilizando NPK formulação: (04-16-08) 3000 Kg/ha, aplicado no fundo do sulco e misturado ao solo.

Aos 30 dias após o plantio foi realizada a adubação de cobertura, para tal, utilizou-se 300 Kg/ha de sulfato de amônio, aplicado de cada lado das fileiras. A irrigação foi realizada quando necessário por aspersão convencional, sendo interrompidos 30 dias antes da colheita. Para o controle preventivo de pragas e doenças do solo foram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas específicos, no sulco e após o plantio dos tubérculos. Logo após a aplicação dos defensivos foi feita a cobertura dos tubérculos com uma pequena camada de solo. A partir da amontoa foram feitas pulverizações quinzenais com fungicidas específicos para o controle preventivo de doenças da parte aérea e a cada 21 dias com inseticidas específicos para o controle de pragas sugadoras. A colheita foi realizada manualmente, após a completa dessecação natural da parte aérea.

Após a colheita, foi feita amostragem das cultivares e encaminhadas ao Laboratório do Centro de Raízes e Amidos Tropicais da Unesp/Botucatu para avaliação da composição centesimal dos tubérculos e caracterização química e reológicas dos amidos.

3.4. Análises dos Tubérculos

Os tubérculos foram analisados no Laboratório de Análises do Centro de Raízes e Amidos Tropicais da Unesp, Câmpus de Botucatu - CERAT, onde os tubérculos foram caracterizados quanto à cor e composição centesimal. Parte dos tubérculos foi processada para a extração do amido. Todas as análises foram realizadas em triplicatas e foi adotado o delineamento inteiramente casualizado.

3.4.1. Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade as amostra foram colocadas em estufa a 105°C por 8 horas até a obtenção de massa constante. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e posteriormente pesadas, obedecendo ao método AOAC (2007). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.4.2. Determinação do teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas as amostras foram submetidas à combustão em mufla por 2 horas a 550 °C. Após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas posteriormente (AOAC, 2007). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.3. Determinação do teor de proteína

Para determinar o teor de nitrogênio foi utilizado o método de Kjeldahl, conforme AOAC (2007). O fator utilizado para conversão do teor de nitrogênio em proteína bruta foi de 6,25. Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.4. Determinação do teor de fibra

A fibra alimentar foi determinada por hidrólise ácida seguida de hidrólise alcalina. Foram utilizados 3 g de cada amostra processadas em bloco digestor de fibras, obedecendo à metodologia proposta por AOAC (2007). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.5. Determinação do teor de matéria graxa

Para determinação da matéria graxa foram utilizadas aproximadamente 3 g de cada amostra e realizadas em extrator Soxhlet, utilizando éter de petróleo para a extração, conforme metodologia descrita por AOAC (2007). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.6. Determinação do teor de açúcares totais

Para a determinação do teor de açúcares totais pesou-se aproximadamente 500 mg de cada amostra em erlenmeyer, acrescentou-se 60 mL de álcool 50%, em seguida foi colocado em banho com aquecimento a 60 a 65 °C por 60 minutos.

Depois foi acrescentado 1 mL de HCl P.A. e as amostras retornaram ao banho por mais 60 minutos e em seguida foram resfriadas, neutralizadas e diluídas. O teor de açúcares totais foi determinado pelo método de Somogy, adaptado por Nelson (1944). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.7. Determinação do teor de amido (Método Enzimático)

Foi determinado pelo método de hidrólise enzimática segundo metodologia ISO-6647 (1987). Foram transferidos 200 mg de amostra para erlenmeyers de 125 mL adicionaram-se em seguida 42 mL de água destilada, 100 μL de solução de alfa-amilase e 1 mL de solução tampão Acetato de Sódio 2 mol.L^{-1} em pH 5,35. As amostras foram colocadas em banho com agitação à temperatura de 90 °C por duas horas. Após, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e adicionados 100 μL de Amiloglucosidase voltando ao banho maria por mais duas horas sob agitação constante a uma temperatura de 55°C. Posteriormente amostras foram resfriadas e transferidas para balão volumétrico de 250 mL. Retirou-se uma alíquota de 5 mL e transferida para balão volumétrico de 100 mL, onde o pH foi corrigido para 7 – 9. Após a hidrólise do amido o teor foi determinado pelo método de Somogy (1945), adaptado por Nelson (1994), sendo feita a conversão para amido pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9. Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.4.8. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico foi realizado em pHmetro à temperatura de 24°C. Foram utilizados 5g da amostra condicionadas em erlenmeyers de 250 mL, segundo metodologia descrita pela AOAC (2007).

3.4.9. Determinação da acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi realizada na mesma amostra após a determinação do pH, seguindo metodologia descrita pela AOAC (2007). Os resultados foram expressos em mL de NaOH 100g^{-1} .

3.4.10. Determinação da cor

Para a determinação da cor de casca e de polpa dos tubérculos foi utilizado o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing). As coordenadas utilizadas foram L^* indicando a luminosidade, esta variando em uma escala de zero (preto) a 100 (branco); os parâmetros a^* indicando a variação de cor -60 (verde) até +60 (vermelho) e b^* indicando a faixa de cor entre -60 (azul) até +60 (amarelo).

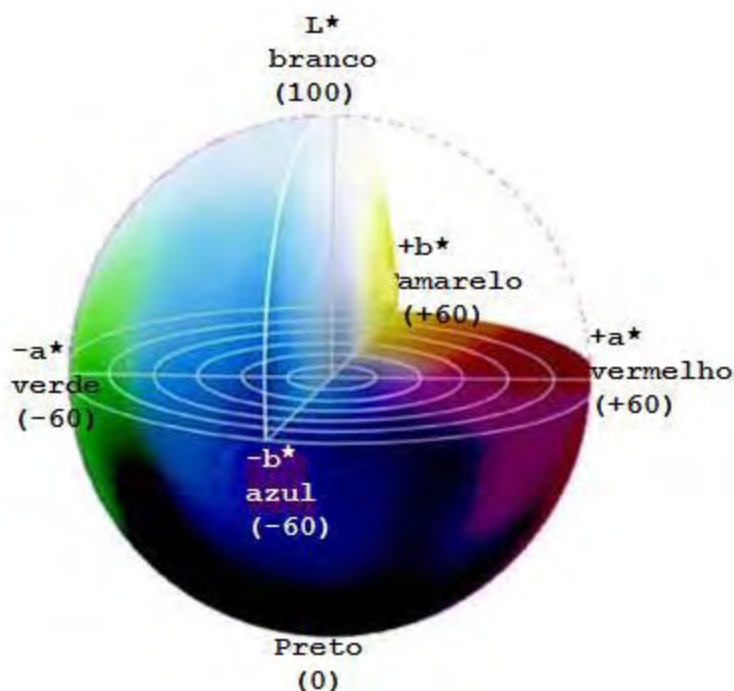


Figura 13. Representação da cor sólida no espaço $L^*a^*b^*$. Fonte: Adaptado de Minolta (1994).

3.5. Extração de Amido

Os tubérculos foram lavados para retirada das impurezas. Em seguida foram desintegrados na presença de água gelada em liquidificador industrial. A suspensão obtida foi passada por peneiras de abertura de 0,250mm (60 mesh) e 0,088mm (170 mesh), respectivamente. Após a decantação do amido, o mesmo foi recuperado do fundo do recipiente. O bagaço retido nas peneiras voltou novamente ao liquidificador para retirada do amido residual. Para retirar a maior quantidade de impurezas, o amido foi

lavado com água. Em seguida, passou pelo processo de secagem em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 40°C (Figura 14), segundo descrito por Guerreiro (2002).

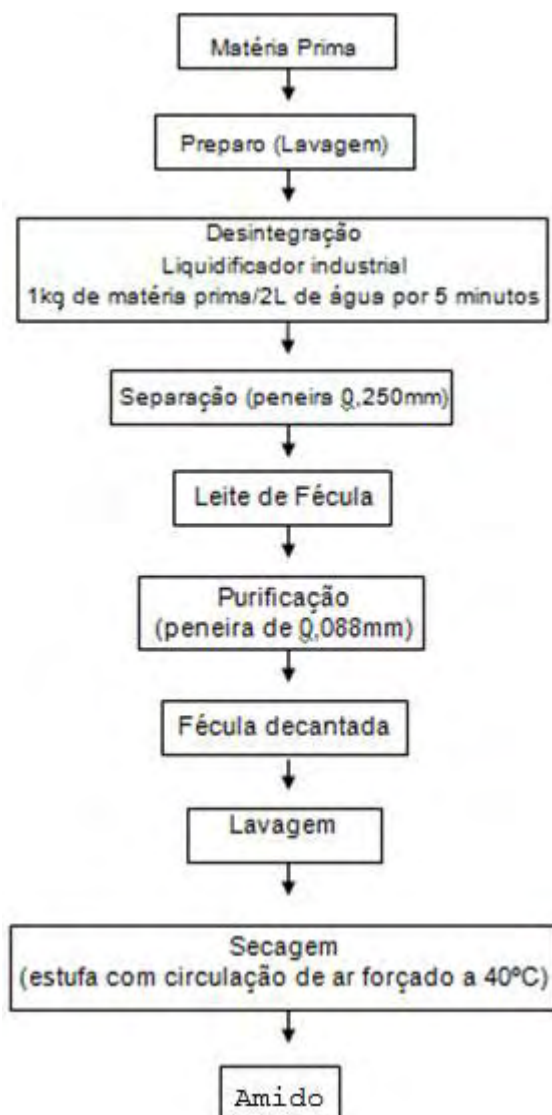


Figura 14. Fluxograma do processo de extração do amido de batata.

3.5.1. Análises dos amidos

Os amidos extraídos das diferentes cultivares de batata foram analisados quanto a composição química, potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável conforme metodologia descrita no item 3.4.

3.5.1.1. Teor de amilose aparente

O teor de amilose aparente foi determinado segundo metodologia ISO-6647 (1987). Foram pesadas 150 mg de amostra previamente desengorduradas, obtidas do processo de extração de matéria graxa. Posteriormente foram adicionados 1 mL ETOH 95% e 9 mL NaOH 1 mol.L⁻¹ agitando suavemente. Os erlenmeyers foram levados ao banho-maria em ebulição por 10 minutos e resfriado à temperatura ambiente.

Posteriormente o material foi transferido para balão volumétrico 100 mL e o volume completado, alíquotas de 18 mL dessa solução foi transferida para tubos de ensaio de 50 mL que continham 2 mL de NaOH a 0,09 mol.L⁻¹. Deste uma alíquota de 50 mL foi transferida para balão de 100 mL e adicionado 1 mL de ácido acético 1 mol.L⁻¹ e 2 mL de solução de iodo a 0,0157 N e o volume completado com água deionizada. Os erlenmeyers foram deixados em repouso durante 20 minutos ao abrigo da luz e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro a 620 nm. As absorbâncias foram valoradas em curva padrão e os resultados foram apresentados em porcentagem de amilose. A amilopectina é calculada por diferença.

3.5.1.2. Propriedades de pasta

Para a análise das propriedades de pasta foi utilizado o aparelho Analisador de Viscosidade Rápida (RVA), Newport Scientific (Austrália). As amostras foram pesadas conforme suas umidades e adicionado aproximadamente 25 mL de água. As características avaliadas foram temperatura de pasta, viscosidade máxima (pico), queda de viscosidade ou *breakdown* (diferença entre a viscosidade máxima e da pasta mantida a 95°C por 5 min.), viscosidade final e tendência a retrogradação ou *setback* (diferença entre a viscosidade final e viscosidade da pasta a 50°C por 5 min.). Os parâmetros foram avaliados com o auxílio do *software Thermocline for Windows*, versão 2.2, utilizando o perfil de temperatura e tempo *2Std2*.

Os valores de umidade foram utilizados na correção da quantidade de amido a ser pesado e na quantidade de água adicionada (25 mL antes da correção), seguindo a tabela de correção fornecida no manual de operação (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998), tomando como base o teor de umidade de 14%.

3.5.1.3. Propriedades térmicas

As propriedades térmicas foram analisadas utilizando um Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC - Differential Scanning Calorimeter), Pyris 1 – Perkin Elmer; EUA, equipado com um intracooler e um software de análise térmica (PERKIN ELMER, EUA) para determinação das temperaturas de gelatinização e retrogradação seguindo os procedimentos descritos por Franco et al. (2002).

Aproximadamente 2 mg (base seca) de amido foram pesadas em cápsulas de alumínio (0219-0062, Perkin Elmer) para amostras voláteis e 6 µL de água deionizada foram adicionados, em seguida seladas. As suspensões de amido foram deixadas em equilíbrio por no mínimo 1 h à temperatura ambiente antes da análise. As amostras foram aquecidas de 25 a 100°C a uma taxa de 10°C min⁻¹. Uma cápsula vazia foi utilizada como referência. As análises de retrogradação foram realizadas após armazenamento dos recipientes padrões contendo as amostras gelatinizadas a 4°C por 14 dias e novamente analisadas usando as mesmas condições e parâmetros. As temperaturas de gelatinização [inicial, de pico e conclusão (T_o, T_p e T_c, respectivamente)] além da variação de entalpia (ΔH) dos amidos retrogradados foram determinados utilizando-se o software Pyris 1 (Perkin Elmer; EUA). A porcentagem de retrogradação dos amidos foi calculada através da relação: (ΔH retrogradação/ΔH gelatinização) x 100.

3.5.1.4. Teor de minerais – P, K, Ca e Mg

Os minerais foram determinados conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1974). Foram pesadas 250 mg de cada amostra em tubos de digestão e adicionado 3 mL da solução nitro perclórica. Em seguida os tubos foram levados ao bloco digestor aonde permaneceram até atingir a temperatura de 220 °C. O ponto ideal para as amostras estarem prontas pôde ser evidenciado através da cor límpida do material. O extrato foi transferido para balão volumétrico de 50 mL e o volume ajustado com água deionizada.

Para análise de fósforo foi retirado 1 mL do extrato e foram adicionados 4 mL de água destilada, 2 mL da mistura Molibdato de Amônio + Metavanadato de Amônio e deixado em repouso por 5 minuto. A absorbância foi medida

em espectrofotômetro UV-VIS (FEMTO) a 420 nm. Os resultados de fósforo foram expressos em percentagem.

Os demais minerais, potássio, cálcio e magnésio foram analisados utilizando espectrofotômetro de absorção atômica modelo 2380 (PERKIN ELMER). Para realização das análises foi utilizado 1 mL do extrato, diluído em 9 mL de óxido de lantânio a 0,5%, a leitura foi feita diretamente na solução e os resultados expressos em mg kg^{-1} .

3.6. Análise estatística dos dados

A comparação das cultivares quanto às características dos tubérculos e dos amidos foi realizada usando análise de variância e a comparação das médias foi realizada usando teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises dos Tubérculos

4.1.1. Composição centesimal dos tubérculos de batata

Os resultados da composição centesimal dos tubérculos são apresentados na Tabela 4. De acordo com Melo (1999) para obter tubérculos com alto teor de matéria seca, a primeira medida a ser tomada deve ser a escolha de cultivares com esta característica genética. No entanto, o acúmulo de matéria seca nos tubérculos pode ser também alterado por diversas condições como clima, solo, irrigação, temperaturas diurnas e noturnas, estágio de maturação, além dos fatores intrínsecos da cultivar utilizada (BRAUN et al., 2010; ZORZZELLA et al., 2003; MORENO, 2000).

Dentre as cultivares em estudo a variação em teor de matéria-seca ficou entre 16,2 e 22,2%, respectivamente para as cultivares Marcy e BRS Ana. Entre as cultivares BRS Ana; Pirassu; Beacon Chipper; Snowden e Harley Beckhell não ocorreram diferenças estatísticas apresentando os maiores teores de matéria-seca. As cultivares Marcy e Colorado apresentaram os menores teores.

Para Capézio et al. (1992/93) batatas com alto teor de matéria-seca irão produzir produtos com maior rendimento e qualidade quando processados para fritura, onde menores perdas de água diminuem a absorção de gordura, favorecendo a textura e o sabor característico da batata (ZORZZELLA et al., 2003; MORENO, 2000).

Cacace et al. (1994) relataram que as cultivares de batata podem ser agrupadas em alto teor de matéria-seca (superior a 20%); teor intermediário (18 a 19%) e baixo teor de matéria seca (inferior a 17,9%).

Segundo a classificação de Cacace et al. (1994), as cultivares BRS Ana, Harley Beckhell, Snowden e Beacon Chipper podem ser agrupadas na classe de tubérculos com alto teor de matéria seca; as cultivares Pirassu e Marlen na classe com teores intermediários e as cultivares Colorado e Marcy na classe com baixo teor de matéria-seca. Pádua et al. (2009) encontraram para a cultivar Colorado 18,3 % de matéria-seca, para os autores, valor aceitável e adequado para o processamento de fritas na forma de palitos, sendo este valor superior ao encontrado para a cultivar neste trabalho.

Tabela 4: Composição centesimal dos diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Snowden	Harley Beckhell	Marlen	Colorado	BRS Ana	Pirassu	Beacon Chipper	Marcy
Umidade CV%-1,17	79,3 cd	78,6 cd	81,0 bc	83,4 ab	77,8 d	80,4 cd	79,6 cd	83,8 a
Cinzas CV%-3,43	0,37 b	0,39 b	0,30 c	0,24 d	0,43 a	0,40 b	0,28 d	0,27 d
Proteína CV%-8,00	2,00 ab	2,45 a	2,17 ab	1,40 c	2,18 ab	1,95 b	2,26 ab	2,27ab
Fibra CV%-2,01	0,31 f	0,20 g	0,50 d	0,32 f	0,57 c	0,61 b	0,66 a	0,46 e
Lipídios CV%-5,55	0,04 e	0,08 b	0,11 a	0,06 cd	0,05 de	0,06 cd	0,07 bc	0,05de
Açúcares CV%-8,37	0,09 e	0,15 cd	0,23 a	0,16 bc	0,21 ab	0,12cde	0,16 c	0,10de
Amido CV%-0,06	18,70 a	17,95 c	15,70 f	13,60 g	18,50 b	16,68e	16,78 d	12,67g
Acidez T. CV%-4,17	7,9 e	12,2 bcd	11,4 cd	15,80 a	12,47 bc	10,4 d	12,4bcd	13,5 b
pH CV%-0,30	6,60 a	6,37 b	6,37 b	5,87 d	6,19 c	6,36 b	6,18 c	6,19 c

Letras iguais na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com Moreno (2000) o teor ideal de matéria seca para batatas destinada à fritura é de 25%. Para Tfouni e Machado (2002) e Tfouni et al. (2003) o teor deve ser superior a 18% a fim de obter fritas de boa qualidade.

Para Trindade (2004) e Pereira et al. (2007) o teor de matéria seca adequada para o processamento de batata tipo fatias e palitos fritos deve ser superior a 20%. A indústria nacional aceita um limite mínimo de 19%, sendo o ideal 19,5% para a batata processada na forma de fatias e no caso de palito o valor deve ser 20% (POPP, 2000).

Segundo Mallmann (2001) se o teor de matéria seca for baixo, a batata processada do tipo palito e/ou fatias podem tornar-se mole e úmida, sendo necessário maior gasto de energia durante o processamento para retirada de água.

As cultivares BRS Ana, Beacon Chipper, Snowden e Harley Beckhell apresentam teor de matéria seca (MS) compatível para o processamento na forma de fritas tipo palito e pré-frito congelado, apresentando teor de 22,2%; 20,4%; 20,7% e 21,4%, respectivamente. Já as cultivares Marlen e Pirassu apresentam teor de matéria seca (19,0% e 19,6%, respectivamente) adequada para o processamento na forma de fritas tipo fatia e/ou palha, sendo os teores de matéria seca condizentes com a exigência das indústrias processadoras de batata.

Para Melo (2009), essa característica pode favorecer o rendimento da fritura e produção, proporcionando menor retenção de óleo e garantindo a crocância do produto final.

As cultivares Marcy e Colorado por apresentar elevado teor de umidade podem ser indicadas para o cozimento, onde um elevado teor de umidade irá conferir firmeza e manutenção da forma do tubérculo durante o preparo (FERNANDES et al., 2010).

Os teores de cinzas variaram entre 0,24% a 0,43%, respectivamente para as cultivares Colorado e BRS Ana (Tabela 4). A tabela Brasileira de Composição de Alimentos, TACO-Unicamp (2006) apresenta para a batata valor médio de 0,6% de cinzas. Todos os tubérculos analisados neste trabalho apresentaram teores de cinzas abaixo da média apresentada pela referida tabela.

Quadros et al. (2009) encontraram para cultivar Atlantic teor de 0,93% de cinzas. Contudo, Trindade (1994) relata que, teor de cinzas para tubérculos de batata encontram-se na faixa de 0,44 a 1,90%. Yadav et al. (2006), encontraram teor de cinzas em torno de 3,0% para cultivar Kufrijyothi. Willard (1975) encontrou teor de cinzas para tubérculos de batata acima de 2,79%. Os teores obtidos para as cultivares analisadas neste experimento são inferiores aos citados por estes autores.

Segundo Cecchi (2003), o teor de cinzas irá depender da natureza do alimento e do método de determinação empregado. Para Favoretto (2005) a variação do teor de cinzas é influenciada pela cultivar, prática agrônômica, clima, local de plantio e maturação dos tubérculos.

Para Filgueira (1982) o teor de proteína na batata pode variar entre 1 a 5%. De acordo com a tabela TACO-UNICAMP (2006), 100 g de batata crua pode fornecer 1,8 g de proteínas. As cultivares estudadas apresentaram teores de proteína variando entre 1,40% a 2,45%, respectivamente para as cultivares Colorado e Harley Beckhell, ambas diferindo-se das demais cultivares ($p < 0,05$, Tabela 4).

Dias (2011) estudando a cultivar Asterix como matéria-prima para processamento mínimo encontrou teores de proteína de 1,64% em base úmida e 9,54 em base seca. Evangelista et al. (2011) avaliaram diversas cultivares de batata, encontrando teores de proteína variando entre 1,42% a 2,06%, respectivamente para as cultivares Ágata e Fontane.

O teor médio de proteínas para os tubérculos de batata encontrado neste experimento foi de 2,09% base úmida e 9,50% base seca, sendo superior aos valores encontrados nas tabelas brasileiras de composição de alimentos, 5,6% e 6,5% base seca, nas tabelas TACO/UNICAMP (2006) e Philippi (2002), respectivamente, e aos autores Dias (2011) e Evangelista et al. (2011).

Segundo Lachman et al. (2005), os teores de proteína em tubérculos de batata são afetados por diversos fatores: diferentes cultivares/variedade, localização, adubação e maturidade dos tubérculos. Stertz, Rosa e Freitas (2005) observaram elevado teor de proteína em batatas cultivadas no sistema orgânico quando comparado ao sistema convencional.

Segundo Bártova, Bárta (2009) a batata em virtude de seu baixo teor, não é considerada uma fonte rica em proteína, mas apresenta proteína de alto valor nutritivo e biológico. Para Belanger et al. (2002) o que pode contribuir para uma menor quantidade de proteínas durante a formação dos tubérculos é o aumento da massa média e o acúmulo de amido.

As cultivares Pirassu e Beacon Chipper sobressaíram-se das demais cultivares apresentando teores de fibra em base seca entre 2,76 e 2,85% e em base úmida entre 0,61 e 0,66% (Tabela 4).

As fibras alimentares são importantes por complementar a alimentação humana além de causar efeitos benéficos fisiológicos na função gastrointestinal humana, podendo reduzir a absorção dos nutrientes, aumentar a massa

fecal, reduzir o nível de colesterol do plasma sanguíneo e reduzir a resposta glicêmica (IFT, 1979; PENTEADO, 1981; SAURA-CALIXTO, 1993).

Uma alimentação equilibrada tem um papel importante na manutenção da saúde despertando interesse da comunidade científica, com o intuito de comprovar a atuação de certos nutrientes na prevenção de doenças.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO/UNICAMP (2006), a cada 100 g batata base seca, 1,2 g é fibra alimentar, valor este inferior a média de 2,08% obtidas pelas cultivares neste experimento

Segundo a Resolução RDC nº54 de 2012 é sugerida a ingestão de uma porção diária de 5g de fibras alimentares para serem benéficas ao organismo.

Em relação ao teor de lipídios, independentemente da cultivar estudada, os tubérculos apresentaram quantidades ínfimas variando entre 0,04 a 0,11%, respectivamente para as cultivares Snowden e Marlen, conforme pode ser observado na Tabela 4.

O teor médio de lipídios encontrado foi de 0,07%, confirmando traços deste componente, estando de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO-UNICAMP, 2006).

Segundo Maccari Júnior (1997) o conteúdo de lipídios pode variar de 0,02% a 0,20% em tubérculos de batata. Já para Cerqueira e Silva (2003) batatas *in natura* apresentam em torno de 0,26%, enquanto para Stertz, Rosa e Freitas (2005) os tubérculos de batata apresentam em média conteúdo de lipídios de 0,14%.

Jorge e Lunardi (2005) encontraram conteúdo de lipídios para a cultivar Monalisa de 0,1%. Bregagnoli (2006) observou conteúdo de lipídios para a cultivar Atlantic variando entre 0,07 a 0,08% e 0,06 a 0,11% para a cultivar Asterix, valores estes semelhantes aos encontrados nas cultivares analisadas neste experimento.

Segundo Elias et al. (2009) os lipídios são os constituintes mais susceptíveis a degradação química, sendo influenciado pela temperatura de secagem do tubérculo. Os lipídios nos alimentos representam uma fração de alta concentração energética ou calórica, porém, dependendo de sua composição e quantidade, podem provocar a deterioração na qualidade do alimento durante a estocagem, produzindo odor e gosto de ranço (SGARBIERI, 1987).

O termo lipídios é utilizado para determinar o teor de gorduras e substâncias gordurosas e são definidos como componentes do alimento que são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. As batatas desidratadas apresentam baixo teor de lipídios podendo ser usadas na formulação de alimentos para pessoas que necessitam restringir esse componente na alimentação.

Os teores de açúcares totais (Tabela 4) situaram-se entre 0,09 a 0,23%, respectivamente para as cultivares Snowden e Marlen. Segundo Vendrusculo (1998) o limite estabelecido na literatura quanto ao teor de açúcares é quase consensual, sendo que para tubérculos destinados à fritura ficam situados entre 0,2 a 0,3% (b.u.), sendo que os açúcares são normalmente o fator limitante na depreciação da cor (MÁRQUEZ e AÑÓN, 1986), sendo que, teores inferiores de açúcares proporcionam um produto final muito claro (ZORZELLA et al., 2003) e elevados teores provocam a reação de Maillard, levando ao escurecimento do produto durante a fritura e também a não aceitação pelo consumidor.

De acordo com Borruey et al. (2000) para se obter fritas de excelente qualidade o conteúdo de açúcares nos tubérculos deve ser inferior a 0,15% para fritas tipo fatia e 0,25% para as processadas na forma de palito, sendo que os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os citados pelo autor.

Além da característica de fritura de cor clara, as cultivares de batatas destinadas para o processamento devem apresentar elevados teores de matéria seca e de preferência sem defeitos fisiológicos (LOVE, 2000), tais como: coração oco, mancha ferruginosa, rachadura e crescimento secundário.

Segundo Melo (1999) o teor de açúcares é fortemente determinado pelo grau de maturação do tubérculo na colheita, condições climáticas e nutricionais em que se desenvolveram as plantas, além de condições de armazenamento após a colheita (KUMAR et al., 2004).

Com relação aos teores de amido as cultivares Snowden e Marcy apresentaram maior e menor valores, variando entre 18,70% e 12,67% respectivamente (Tabela 4).

Braun et al. (2010) avaliando os teores de amido das cultivares Ágata, Asterix, Atlantic e Monalisa, encontraram respectivamente: 10,97%, 13,32%,

11,31% e 13,30%, valores inferiores aos encontrados pelas cultivares em estudo neste trabalho.

Segundo Moreno (2000) o teor de amido é um dos itens na composição química dos tubérculos que determina a qualidade interna da batata para fritura.

Para Rodrigues Robles (2003) as batatas apresentam em média 16% do peso *in natura* de amido, sendo este dependente da cultivar. Kita (2002) estudando a relação entre a textura e o conteúdo de amido das batatas voltadas para a indústria de fritas, concluiu que o teor de amido deve ser superior a 15%, para garantir maior crocância a mesma. Com exceção das cultivares Colorado e Marcy todas as demais cultivares apresentaram teores de amido superior a 15%.

Segundo Nourian et al. (2003) diversos fatores como cultivar, época do ano, temperatura de armazenamento podem influenciar o teor de amido nos tubérculos.

Os valores de pH variaram entre 6,60 a 6,18, respectivamente para as cultivares Snowden e Beacon Chipper (Tabela 4). Caetano (2006) estudando a secagem solar de diferentes cultivares de batata observou valores de pH variando entre 5,13 a 8,00.

De acordo com McCarthy et al. (1991) a concentração de ácido necessária para modificar o valor de pH nos alimentos depende dos teores de sólidos solúveis, proteínas, sais e da capacidade tamponante desses componentes além do grau de ionização do ácido. Os valores de acidez titulável variaram de 7,9% para a cultivar Snowden a 15,8% para a cultivar Colorado (Tabela 4), resultados semelhantes ao encontrados por Caetano (2006) que observou valores de acidez titulável variando entre 4,42% a 14,47% para diferentes cultivares de batata.

4.1.2. Determinação da cor da casca e da polpa dos diferentes tubérculos de batata

Segundo McGuire (1992) a cromaticidade indica a pureza de uma cor em relação ao cinza. Valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza) e valores ao redor de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas.

Para a cor da casca dos tubérculos, o parâmetro Luminosidade (L^*) foi superior para cultivar Beacon Chipper (66,81), seguido pelas cultivares Harley

Beckhell, Marcy e Snowden (61,64; 59,39; 59,20, respectivamente) sugerindo que a casca dessas cultivares são mais claras e brilhantes, sendo que, este um dos parâmetros para aceitação no mercado de processamento doméstico. Em relação às polpas, todas as cultivares apresentaram polpas claras com alto índice L* (>76), apresentando a cultivar Beacon Chipper maior luminosidade (82,49) e a cultivar Pirassu a menor (76,61), conforme demonstrado na Tabela 5.

Caetano (2006) encontrou valores de luminosidade para tubérculos de batata variando entre 61,71 a 84,67 para diferentes cultivares de batata, demonstrando que as batatas apresentam luminosidade mais próxima do branco, resultados semelhantes foram encontrados nas cultivares em estudo.

Tabela 5: Cor da casca (epiderme) e da polpa dos tubérculos de batata cultivados na cidade de Pouso Alegre/MG no ano agrícola de 2012.

Cultivar	Cor da casca			Cor da polpa		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Snowden	59,20 b	9,50 bc	29,66 b	81,28 b	-2,09 a	24,66 bc
Harley Beckhell	61,64 b	10,71 b	30,22 b	81,66 b	-2,16 a	24,33 bc
BRS Ana	52,95 c	14,15 a	22,60 c	78,47 c	-0,99 b	22,09 d
Pirassu	53,50 c	12,88 a	22,48 c	76,61 d	-1,28 b	28,34 a
Beacon Chipper	66,81 a	8,05 d	32,50 a	82,49 a	-2,33 a	25,52 b
Marcy	59,39 b	8,08 cd	28,45 b	81,11 b	-2,17 a	23,38 cd
C.V.(%)	2,17	4,92	2,95	0,36	7,22	3,07

Letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). L* - luminosidade; a* - variação da cor vermelha (+a*) ao verde (-a*); b* - variação da cor amarela (+b*) ao azul (-b*).

Para a*, os tubérculos das cultivares BRS Ana e Pirassu apresentaram valores médios de 14,15 e 12,88 respectivamente, evidenciando a presença do componente de cor vermelha mais intensa na casca, em relação as demais cultivares. Resultados semelhantes para a variedade BRS Ana foram encontrados por Pereira et al. (2008). Para b*, todas as cultivares apresentaram o componente de cor amarela, sendo que a cultivar Beacon Chipper apresentou maior valor médio dentre as cultivares (Tabela 5).

Para as polpas, o a* apresentou valores negativos para todas as cultivares, evidenciando a intensa presença do componente de cor verde. A cultivar Beacon Chipper apresentou maior valor médio para a* não diferindo estatisticamente das cultivares Marcy, Snowden e Harley Beckhell, enquanto a cultivar BRS Ana apresentou menor

tonalidade verde não diferindo da cultivar Pirassu. O b* foi maior para a cultivar Pirassu, diferindo-se estatisticamente das demais, sendo que todas as cultivares apresentaram alta fração do componente de cor amarela nas polpas (Tabela 5).

Segundo Fernandes et al. (2010) e Pereira (2003) o consumidor ainda escolhe os tubérculos prioritariamente por características visuais, como cor e brilho da casca, sendo estes fatores importantes para aceitação dos tubérculos *in natura*. Madail et al. (2009) estudando a preferência do consumidor do sul do estado do Rio Grande do Sul, verificaram que os consumidores optam por batatas com tubérculos médios, alongados e vermelhos.

Já para Silva et al. (2006) a película amarela dos tubérculos, é uma importante característica, uma vez que os consumidores preferem batatas de tonalidade clara em relação as mais escuras, pois atribuem a tonalidade clara à batata recém-colhida. Pereira et al. (2005) relata que cultivares de polpa branca são ideais para purês, enquanto cultivares que possuem polpa mais amarela são melhores para cozinhar. Portanto, todas as cultivares são adequadas para diferentes formas de processamento, sendo as cultivares Beacon Chipper e Harley Beckhell boas indicativas para o preparo de purês.

4.1.3. Rendimento de extração do amido

Os rendimentos de extração em bancada de laboratório do amido variaram entre 7,8 e 11,0% (Tabela 6). As cultivares Harley Beckhell, Beacon Chipper e Snowden apresentaram os maiores rendimentos de extração, não havendo diferença estatística entre elas, mas diferindo-se das demais cultivares.

Tabela 6: Rendimento de amido extraído de diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Extração de Amido (%)
Snowden	10,5 a
Harley Beckhell	11,0 a
Marlen	8,3 b
Colorado	7,8 b
BRS Ana	8,1 b
Pirassu	8,9 b
Beacon Chipper	10,6 a
Marcy	8,0 b
C.V. (%)	4,32

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A cultivar Colorado apresentou o menor rendimento de extração com 7,8%. Os rendimentos de extração de amido estão correlacionados de forma positiva com o teor de matéria-seca ($r = 0,58$), indicando que à medida que ocorre o incremento de matéria seca o rendimento de amido também é acrescido, confirmando os relatos de Freitas et al., (2006) e Fontes e Finger (2000).

4.2. Análises dos Amidos

4.2.1. Análise química dos amidos

Os resultados da composição química dos amidos são apresentados na Tabela 7. Todos os amidos estudados apresentaram teores inferiores a 0,5% de proteína, não ocorrendo diferença significativa entre as cultivares, corroborando com relatos de Mestres (1996) que, quantidades de proteínas inferiores a 0,5% não interferem nas propriedades funcionais dos amidos.

De acordo com a Legislação Brasileira em vigor (BRASIL, 2005) o teor máximo de proteína bruta permitida em amidos e derivados é de 1,5% P/p , estando todos os amidos em estudo dentro deste limite.

Tabela 7: Composição química dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Proteína %	Amido %	Lipídios %	pH	Ac. Titulável NaOH mL 100g ⁻¹
Snowden	0,23 a	94,61 b	0,25 a	7,62 a	0,482 a
H. Beckhell	0,32 a	93,41 c	0,29 a	7,67 a	0,427 ab
Marlen	0,29 a	96,29 a	0,29 a	7,38 cd	0,443 ab
Colorado	0,33 a	92,44 cd	0,23 a	7,50 abcd	0,406 ab
BRS Ana	0,31 a	93,67 b	0,25 a	7,37 d	0,346 bc
Pirassu	0,25 a	92,98 cd	0,25 a	7,44 bcd	0,256 c
B.Chipper	0,33 a	94,59 b	0,29 a	7,59 ab	0,381 ab
Marcy	0,29 a	93,20 cd	0,30 a	7,56 abc	0,464 a
C.V.(%)	12,10	0,36	13,39	0,59	7,17

Letras iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os teores de lipídios variaram entre 0,25% a 0,30%, respectivamente para as cultivares Snowden e Marcy, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) entre as cultivares.

A pureza dos amidos relaciona-se com baixos teores dos seus constituintes menores. Segundo Pepe (2011) baixos teores de lipídios, cinzas e ausência de proteína aderida ao grânulo são desejáveis, sendo que, teores elevados comprometeriam sua aplicação industrial.

De acordo com Hoover (2001) proteínas e cinzas estão presentes em quantidades reduzidas em amidos de raízes e tubérculos, e que quantidades elevadas poderiam interferir no processo de extração reduzindo seu rendimento final. Para Peroni (2003) a pureza do amido é um importante parâmetro de qualidade, facilitando as aplicações industriais.

Os teores de amido variaram entre 92,44 a 96,29 para as cultivares Colorado e Marlen, respectivamente, apontando alto grau de pureza e qualidade para todos os amidos extraídos das cultivares.

Os valores médios de pH apresentaram pequena variação entre os amidos das cultivares estudadas ficando entre 7,375 (BRS Ana) e 7,675 (Harley Beckhell), da mesma forma, o teor da acidez titulável também apresentou baixa variação entre as cultivares (Tabela 7).

Feltran et al. (2004) e Fernandes et al. (2010) estudaram diferentes cultivares de batatas, encontrando valores de pH variando entre 5,50 e 5,94 e valores de acidez titulável máxima de 0,178 % para a cultivar IAC Aracy Ruiva, sendo esses valores inferiores aos encontrados pelas cultivares estudadas. Para os autores os parâmetros de pH e acidez titulável podem interferir de forma indireta em sua qualidade tecnológica

Segundo Feltran et al. (2004) e Nardim (2009) o valor de pH para tubérculos em bom estado de maturação se encontra em/ou acima de 6,0, sendo que pH entre 4,7 e 5,5 são ótimos para ação de enzimas que degradam o amido.

Wischmann et al. (2007) encontraram valores de pH ainda mais elevado, acima de 6,6, para amidos de batata isolados por diferentes métodos, valores semelhantes foram observados para as diferentes cultivares aqui estudadas.

Segundo a Resolução CNNPA nº 12, de 1978 (BRASIL, 1978) o limite máximo para acidez titulável para amido de batata é de 2,0%. De acordo com Smith

(1977) diferenças podem ocorrer em função da época do plantio, tipo de solo, estação, localização, nutrição mineral e tempo de colheita.

4.2.2. Teor de amilose aparente

O teor de amilose está diretamente relacionado com a constituição estrutural das regiões cristalinas e amorfas do grânulo (GALLANT et al., 1982) e afeta as propriedades funcionais de gelatinização e retrogradação do amido e a susceptibilidade à hidrólise enzimática (GÉRARD; BARRON; PLANCHOT, 2001).

Os teores de amilose aparente (Tabela 8) variaram entre 28,51% (Beacon Chipper) a 36,1% (BRS Ana). As cultivares Marlen, Colorado, BRS Ana, Pirassu e Marcy diferiram estatisticamente da cultivar Beacon Chipper.

Tabela 8: Teor de amilose aparente dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Amilose Aparente
Snowden	31,74 ab
Harley Beckhell	31,93 ab
Marlen	34,08 a
Colorado	34,53 a
BRS Ana	36,10 a
Pirassu	35,44 a
Beacon Chipper	28,51 b
Marcy	34,20 a
C.V. (%)	5,01

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

McPherson e Jane (1999) titulando amido nativo de batata com iodo encontraram maior teor de amilose aparente (37,8%) para este amido quando comparado aos amidos de batata doce (33,1%), inhame (29,2%) e de batata cerosa (19,2%).

Yusuph et al. (2002) estudaram doze variedades de batata de interesse comercial em Perthshire (UK) e obtiveram teores de amilose aparente variando entre 25 a 31%, valores estes inferiores aos obtidos nas cultivares aqui estudadas.

Para Morrison (1995) amidos que não sofrem desgorduramento prévio apresentam seus teores de amilose alterados pela presença de lipídios.

Segundo Guerreiro (2002) quando se quantifica o teor de amilose aparente em amidos pode ocorrer à quantificação de componentes intermediários do grânulo e/ou cadeias laterais de amilopectina como sendo amilose. Segundo Jane et al. (1999) esses compostos tem a capacidade de interagir com o iodo superestimando o teor de amilose no amido.

Os teores de amilose podem sofrer grandes variações devido a diferentes metodologias de determinação, variedade ou idade da planta (RECHSTEINER, 2009).

Para Geddes et al. (1965) o amido de batata apresenta em média cerca de 20% de amilose, contudo, aumento significativo no teor de amilose em amido extraído de batatas em estágio de tuberação mais avançado foi observado.

Kaur et al. (2007) avaliaram 21 diferentes cultivares de batata cultivada em regiões distintas da Índia. Os autores observaram variação do conteúdo de amilose entre 15% a 23,1% de acordo com o local de cultivo. O baixo conteúdo 15,0% foi para cultivar Kufri Ashoka, cultivada na região de Patna, enquanto o teor de amilose elevado 23,1%, cultivar Kufri Badshah, cultivada na região de Jalandhar.

Para Cottrell et al. (1995); Kim e Wiesenborn (1995) a variação no conteúdo de amilose entre diferentes cultivares de batata pode ser devido a fatores como o genótipo, condições de desenvolvimento e manejo adotado, entre outros fatores.

4.2.3. Teor de fósforo, potássio, cálcio e magnésio

O fósforo é encontrado em raízes e tubérculos ligado covalentemente ao amido na forma de monoéster fosfato, contribuindo para aumentar a claridade de pasta, viscosidade, aumento da capacidade de ligação com a água e poder de inchamento além de contribuir para baixa temperatura de gelatinização e taxa de retrogradação (SINGH et al., 2003; HOOVER, 2001; KASEMSUWAN e JANE, 1996). Os resultados obtidos nas diferentes cultivares de batata estão expostos na Tabela 9.

Kasemsuwan e Jane (1996) quantificaram as diferentes formas de fósforo em amidos, encontrando teor de 0,086% (860 ppm) de monoéster fosfato em amidos de batata.

As cultivares Marcy e Harley Beckhell apresentaram os maiores teores de fósforo 0,070%, porém não diferindo da cultivar Snowden. Contudo, o menor teor de fósforo foi obtido na cultivar Pirassu 0,030%.

Segundo Kerr (1950) a baixa suscetibilidade do amido de batata a enzimas pode ocorrer devido ao alto teor de fósforo. Segundo o autor a presença de moléculas esterificadas com fósforo forma uma barreira impedindo que as enzimas atinjam os sítios de ação.

Vieira (2004) encontrou teores de fósforo em amidos de mandioquinha-salsa, batata-doce e gengibre de 0,032%, 0,027% e 0,022% respectivamente. Contudo, os valores encontrados para esses amidos são inferiores aos encontrados no amido de batata inglesa, 0,09% (FRANCO et al., 2001) e aos encontrados no referido estudo, que variaram entre 0,03% a 0,07%.

Tabela 9: Teor de fósforo e macro minerais dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Fósforo %	Potássio ----- mg/kg-----	Cálcio	Magnésio
Snowden	0,065 ab	875 a	100 ab	65 ab
Harley Beckhell	0,070 a	800 a	100 ab	70 a
Marlen	0,050 cd	600 b	105 ab	50 c
Colorado	0,055 bc	485 c	135 a	55 bc
BRS Ana	0,040 de	505 bc	85 bc	30 d
Pirassu	0,030 e	445 c	50 cd	30 d
Beacon Chipper	0,050 cd	850 a	40 d	60 abc
Marcy	0,070 a	850 a	85 bc	70 a
C.V.(%)	6,58	3,62	11,43	6,58

Letras iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A presença de fósforo nas moléculas é um importante fator na variação das propriedades funcionais dos amidos, sendo que influencia diretamente nas propriedades de gelatinização e na taxa de retrogradação (KARIM et al., 2007).

Noda et al. (2005) observaram que, à medida que o tamanho do grânulo diminui ocorre incremento de grupamentos fosfato ligado ao amido. Os autores observaram um aumento do conteúdo de fósforo entre 715 ppm (0,0715%) para grânulos grandes até 1128 ppm (0,1128%) para grânulos extremamente pequenos.

Os amidos das cultivares Snowden, Harley Beckhell, Beacon Chipper e Marcy apresentaram os maiores teores de potássio, enquanto a cultivar Pirassu apresentou o menor teor não diferindo das cultivares Colorado e BRS Ana.

Para o conteúdo de cálcio os maiores teores foram observados para o amido da cultivar Colorado (135 mg kg^{-1}), esta não diferindo-se das cultivares Snowden, Harley Beckhell e Marlen (100, 100 e 105 mg kg^{-1} , respectivamente). Os teores de magnésio foram mais acentuados nas cultivares Marcy e Harley Beckhell (70 mg kg^{-1}) as quais não diferiram estatisticamente dos teores encontrados nas cultivares Snowden, Beacon Chipper. As cultivares BRS Ana e Pirassu apresentaram os teores mais baixos de magnésio (30 mg kg^{-1}) diferindo-se estatisticamente ($p > 0,05$) das demais cultivares.

Segundo a literatura especializada teores elevados de minerais no amido indicaria metodologia de extração inadequada, além de um baixo rendimento. Para todas as cultivares estudadas, os teores de potássio, cálcio e magnésio presente nos amidos ficaram abaixo de 0,2%, demonstrando ser eficiente o processo adotado para extração, com alto grau de pureza do amido.

4.3. Propriedades Tecnológicas

4.3.1. Propriedades de Pasta

De acordo com Tester e Morrison (1990) as propriedades de pasta dos amidos são afetadas pelos teores de amilose, lipídios, fósforo e pela distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina. A amilopectina favorece o inchamento do grânulo de amido e empastamento, enquanto a amilose e lipídios o inibem.

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e a retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta, as quais são medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento das suspensões de amido (LUSTOSA et al., 2009).

Pastas e géis de amido contribuem para a textura de muitos alimentos. As propriedades de pasta dos diferentes amidos de batata utilizados neste experimento foram determinadas pelo Analisador de Viscosidade Rápida (RVA) e podem ser observadas na Tabela 10.

A análise das propriedades de pasta dos amidos das diferentes cultivares evidenciou diferenças significativas, com os amidos das cultivares BRS Ana e Pirassu apresentando as menores viscosidades máximas, o que indica menores forças de ligações (Tabela 10).

Segundo Leonel et al. (2002) na presença de água e calor, os grânulos de amido expandem-se embebendo água. Com a elevação da temperatura, a gelatinização é atingida e uma pasta é formada.

O pico de viscosidade ou viscosidade máxima ocorre após o início do aquecimento e antes do início do resfriamento da suspensão, durante esse ciclo de aquecimento ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido.

Tabela 10: Propriedades de pasta dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	Viscosidade Máxima (RVU)	Quebra de Viscosidade (RVU)	Viscosidade Final (RVU)	Tendência de Retrogradação (RVU)	Temperatura de Pasta (°C)
Snowden	1094,05 bc	947,71 b	334,79 ef	99,42 de	66,85 f
Harley Beckhel	1063,72 cd	801,79 c	348,88 de	76,13 f	67,93 d
Marlen	993,88 d	669,84 d	405,05 b	81,00 f	69,95 a
Colorado	1045,05 cd	740,46 cd	356,21 d	51,63 g	69,23 b
BRS Ana	771,21 e	459,71 e	448,08 a	127,45 c	67,50 e
Pirassu	778,38 e	509,71 e	377,30 c	108,63 cd	66,75 f
Beacon Chipper	1167,70 ab	999,64 ab	322,00 f	201,92 b	66,33 g
Marcy	1209,22 a	1098,88 a	374,00 c	225,33 a	68,88 c
C.V. (%)	2,97	5,37	1,57	5,77	0,16

Letras iguais na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

1RVU – 12 cP.

Para Campanha (2010) e Jane et al. (1999) o alto pico de viscosidade do amido de batata está diretamente correlacionado à quantidade de monoéster fosfato e as longas cadeias laterais de amilopectina.

As viscosidades máximas das cultivares Marcy, Snowden e Harley Beckhell podem ter sido influenciadas pelo teor de fósforo no amido, estas cultivares apresentaram teores elevados de fósforo e altos picos de viscosidade.

Contudo, a cultivar Beacon Chipper apresentou alto pico de viscosidade e médio teor de fósforo, seu alto pico de viscosidade pode ser explicado pelo baixo teor de amilose aparente no amido.

Em contrapartida, as cultivares BRS Ana e Pirassu apresentaram os menores picos de viscosidade indicando baixa retenção de água antes dos grânulos se romperem, sendo que seu baixo teor de fósforo pode ser responsável por esta ocorrência.

Correlacionando o pico de viscosidade com os teores de fósforo e amilose dos amidos pelo teste de Pearson verifica-se que quanto maior o teor de fósforo maior o pico de viscosidade ($r = 0,82$) e um menor teor de amilose aparente nos amidos acarretará um pico de viscosidade mais atenuado ($r = 0,68$). Os resultados encontrados estão de acordo com Campanha (2010), Tester e Morrison (1990) e Swinkels (1985).

Dufour et al. (2002) citam 4 perfis de pastas quanto a viscosidade, o Tipo A: onde o pico de viscosidade durante o aquecimento é alto, mas o perfil apresenta a queda de metade a dois terços do valor do pico de viscosidade. Tipo B: caracterizado por altas viscosidades de pico e nenhuma tendência a retrogradação. Tipo C: com perfil intermediário entre os A e B, e D. Tipo D: todos os valores viscoamilográficos são baixos. No presente estudo todas as cultivares foram enquadradas no perfil Tipo A.

A viscosidade de quebra permite avaliar a estabilidade do produto em altas temperaturas sob agitação mecânica e está diretamente relacionada com o pico de viscosidade (LEONEL et al., 2002). Segundo Singh et al. (2003) a altura do pico a uma dada concentração reflete a habilidade dos grânulos de inchar livremente antes da quebra física e os amidos que são capazes de inchar a um alto grau também são menos resistentes à quebra no cozimento exibindo diminuição significativa na viscosidade depois de atingir o pico máximo.

A cultivar Marcy apresentou elevado pico de viscosidade e baixa resistência à temperatura e agitação (alta quebra de viscosidade) quando comparada com as demais cultivares.

Em relação à temperatura de pasta os resultados ficaram entre 66,33 a 69,95 °C, ocorrendo diferença estatística entre as cultivares ($p < 0,05$).

Considerando a temperatura e o tempo para atingir a fusão dos cristais dos amidos, verifica-se que as cultivares Marcy; Beacon Chipper e Snowden (respectivamente, 4,87, 4,66 e 4,47 min.) apresentam fraca organização granular, sendo de fácil cozimento originando géis fracos, com alta tendência a retrogradação (Tabela 10).

Segundo Jane et al. (1999) altos teores de amilose aumentam a estabilidade dos grânulos à ruptura sob agitação, pois as moléculas lineares fortemente

associadas mantêm a integridade do grânulo de amido aumentando sua resistência à agitação mecânica além de apresentar temperaturas de pasta mais elevadas contribuindo para alta tendência a retrogradação e baixo pico de viscosidade, devido ao inchamento limitado dos grânulos.

Segundo Maia et al. (1999) os valores elevados de pico de viscosidade, quebra de viscosidade e tendência a retrogradação das cultivares Marcy e Beacon Chipper possibilitam sua utilização em cereais matinais fortificados, alimentos infantis ou como ingredientes para a sua formulação, assim como em produtos cárneos e de panificação.

Segundo Hoover (2001) para temperatura de pasta e estabilidade térmica elevada sugere a presença de fortes ligações no interior do grânulo que resistem à quebra durante o período de cozimento.

Matsuguma (2006) relata que temperaturas mais baixas de empastamento podem ser potencialmente úteis para utilização em alimentos de preparo instantâneo, como sopas e pudins sendo que, as cultivares Beacon Chipper, Pirassu e Snowden apresentaram as menores temperaturas de pasta dentre as cultivares em estudo, podendo ser úteis para tal aplicação.

Quando se compara amidos de cereal normal com amidos de raízes e tubérculos estes últimos apresentam baixas temperaturas de pasta, baixa resistência ao atrito mecânico e baixa tendência à retrogradação (PERONI; ROCHA; FRANCO, 2006).

Para a viscosidade final observou-se variação de 322 a 448,08 RVU sendo o maior valor observado no amido da cultivar BRS Ana.

A viscosidade final é um parâmetro importante no uso do amido em alimentos porque corresponde à viscosidade a ser desenvolvida no produto acabado, ou seja, apreciada pelo consumidor. Não se pode descartar um amido por sua viscosidade característica de pasta, pois de acordo com o tipo de alimento uma viscosidade maior ou menor será desejável. Uma sopa pronta, por exemplo, não deve apresentar viscosidade final muito elevada, o que causaria uma sensação desagradável. Mas para o recheio de tortas, uma maior viscosidade é desejável. Deve ser considerado também que o processamento industrial reduz a viscosidade, e essa queda deve ser considerada no cálculo de viscosidade desejada ao produto final. Outras características serão sempre desejáveis,

tais como estabilidade a altas temperaturas sob acidez e estabilidade à ação mecânica, o que pode favorecer seu uso em diversos alimentos (DAIUTO, 2005).

Dentre as propriedades aqui estudadas o amido da cultivar Colorado sobressaiu-se dentre os demais, apresentando elevado pico de viscosidade, baixa tendência a retrogradação e bom nível de viscosidade final, sendo estas propriedades apreciadas pela indústria.

4.3.2. Propriedades Térmicas

Segundo Krieger et al. (1997) as propriedades de gelatinização e retrogradação do amido são extremamente importantes para determinação de sua funcionalidade e determinará sua aplicação industrial. As propriedades de gelatinização dos amidos, determinados pelo Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC) estão representadas na Tabela 11. A gelatinização de muitos amidos granulares nativos envolve duas endotermas. A primeira endoterma depende da cristalinidade do grânulo e a segunda relaciona-se com o complexo amilose-lipídio (TANG; WATANABE; MATSUNAGA, 2002).

Tabela 11: Propriedades de gelatinização dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	T ₀	T _p	T _f	ΔT	ΔH J/g
Snowden	63,420 b	66,375 b	70,265 c	6,845	17,812 a
Harley Beckhell	64,110 b	67,185 b	71,480 bc	7,370	17,321 a
Marlen	65,270 a	68,725 a	72,075 ab	6,805	14,961 b
Colorado	65,440 a	60,620 c	73,555 a	8,115	15,987 ab
BRS Ana	63,355 b	66,625 b	70,550 bc	7,195	14,585 b
Pirassu	63,345 b	66,505 b	70,760 bc	7,415	14,962 b
Beacon Chipper	63,795 b	66,745 b	70,915 bc	7,120	16,248 ab
Marcy	65,875 a	68,850 a	73,235 a	7,360	17,331 a
C.V. (%)	0,33	0,51	0,58	-	3,14

Letras iguais em coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). T₀, T_p, T_f e ΔH = temperatura inicial, pico, final e variação de entalpia respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos, apenas uma endoterma foi observada para os amidos estudados (T_p 60,62 – 68,85 °C). Isto indica que não há amilose complexada com lipídios, o que já era um resultado esperado, já que o teor de lipídio em

raízes e tubérculos é baixo. Segundo Krueger et al. (1987) e Yoo e Jane (2002) a presença de uma segunda endoterma fundiria os complexos entre 91-100°C.

Segundo Thomas e Atwell (1999) as temperaturas de gelatinização de amidos de raízes e tubérculos como batata (58-65 °C) e mandioca (52-65 °C) são ligeiramente menores que aquelas dos amidos de cereais, como milho (62-80 °C) e trigo (59-85 °C).

Singh et al. (2003) observaram diferentes temperaturas e entalpias de gelatinização em diferentes fontes botânicas. Formato do grânulo, porcentagem entre grânulos grandes e pequenos, presença de monoéster fosfato, proporção entre amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade afetam a temperatura de gelatinização de diferentes amidos (SINGHT et al., 2006; LINDEBOOM; CHANG; TYLLER, 2004; YUAN et al. 1993).

Quando o amido gelatiniza e incha, as ligações de hidrogênio são quebradas e os grânulos se rompem e se dissociam. Deste modo, as propriedades de gelatinização e inchamento são controlados em parte pela estrutura da amilopectina, composição do amido e arquitetura dos grânulos, enquanto que a amilose e os lipídios o inibem (TESTER, 1997; TESTER; MORRISON, 1990).

Como as regiões cristalinas do grânulo de amido são geralmente compostas de amilopectina e não de amilose, amidos com alto teor de amilose apresentam baixas temperaturas de gelatinização (inicial e de pico) (NODA et al., 1998).

Acredita-se que a expansão inicial aconteça na região amorfa do grânulo onde as pontes de hidrogênio são menos numerosas e os polímeros são mais susceptíveis à dissolução. Como a estrutura começa a enfraquecer, o grânulo absorve água e incha, coexistindo graus de diferentes rompimentos estruturais e inchamentos, devido os grânulos não incharem simultaneamente. (THOMAS; ATWELL, 1999).

As cultivares BRS Ana e Pirassu apresentaram as menores temperaturas iniciais (T_0) de gelatinização e variação de entalpia (ΔH), enquanto a cultivar Marcy apresentou as maiores temperaturas de gelatinização (T_0 , T_p , T_f) já a cultivar Snowden apresentou uma das menores variações de temperatura (ΔT) e maior ΔH .

O ΔT indica o grau de heterogeneidade dos cristais dentro dos grânulos, enquanto o ΔH reflete a quantidade de duplas hélices que são desfeitas durante a gelatinização (COOKIE; GIDLEY, 1992). Dessa forma, o alto valor de ΔH encontrado

para as cultivares Snowden, Marcy e Harley Beckhell pode ser atribuído a maior quantidade de duplas hélices presentes nestes amidos, podendo ser oriundo de maior quantidade de cadeias ramificadas da amilopectina (COOKIE; GIDLEY, 1992), necessitando assim de maior energia para rompê-las.

Entretanto o menor valor de ΔT encontrado entre as cultivares Snowden e Marlen indicam uma homogeneidade maior de seus cristais. A cultivar Marcy pode apresentar forças intermoleculares mais fortes com maior proporção de cadeias lineares longas, mantendo as moléculas mais unidas, necessitando de maior energia para rompê-las isso sendo evidenciado em suas elevadas temperaturas de gelatinização.

Comparando-se as temperaturas de gelatinização obtidas no DSC (Tabela 11) com as temperaturas de pasta obtidas com o RVA (Tabela 10), observa-se que as temperaturas iniciais de gelatinização foram menores que as encontradas para as temperaturas de pasta, com diferenças consideráveis variando de 1 a 9°C (Figura 14), o mesmo efeito foi observado por Pérez; Breene e Bahnassey (1998) e Jane et al. (1999).

É possível observar que a cultivar Colorado apresentou uma grande diferença na temperatura de gelatinização quando correlacionada à temperatura de pasta. Esta ocorrência deve-se ao fato da temperatura de pasta obtida do RVA, relacionar-se à sensibilidade do aparelho em detectar os primeiros acréscimos na viscosidade de pasta dos amidos, diferente da temperatura inicial de gelatinização, que é detectada quando os primeiros grânulos começam a se desorganizar. Portanto, os valores obtidos no DSC são mais precisos que os obtidos pelo RVA.

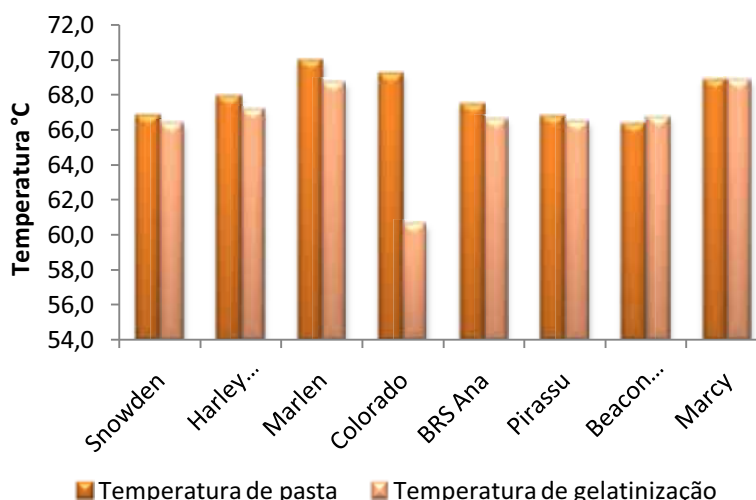


Figura 15: Comportamento das temperaturas de pasta (RVA) e gelatinização (DSC) dos amidos das diferentes cultivares de batata.

De acordo com Tester (1997) a extensão de perfeição cristalina é refletida na faixa de temperatura de gelatinização obtidas por DSC. Garcia; Walter (1998) sugere que para amidos de batata essa variação de temperatura (ΔT) está em torno de 20 °C. Os dados obtidos neste experimento sugerem maior perfeição e homogeneidade dos cristais das cultivares Snowden e Marlen, demonstrando que as propriedades térmicas são influenciadas pelo tipo de cristalinidade e conteúdo de amilose presente nos amidos de batata.

4.3.3. Retrogradação

Na avaliação das propriedades térmicas de retrogradação dos amidos de batata, todos os valores dos parâmetros T_0 , T_p , T_f , ΔH foram inferiores aos apresentados nas propriedades térmicas de gelatinização (Tabela 12), sendo o mesmo comportamento observado por Karim; Norziah e Seow (2000).

O ΔH reflete a fusão das associações de amido (amilose/amilopectina ou amilopectina/amilopectina) durante o armazenamento do gel (LAWAL, 2005) e após o armazenamento das amostras o ΔH diminui indicando menor energia necessária para fundir os cristais reestruturados.

Tabela 12: Propriedades térmicas de retrogradação dos amidos das diferentes cultivares de batata.

Cultivar	T_0	T_p	T_f	ΔH (J/g)	%R	%P
Snowden	49,05 ab	55,59 c	63,93 b	6,14 cd	34,48 cd	0,065 ab
Harley Beckhell	48,90 ab	54,78 c	62,90 b	4,93 cd	28,46 f	0,070 a
Marlen	49,17 ab	56,24 abc	68,77 a	5,43 c	36,31 bc	0,050 cd
Colorado	48,93 ab	55,80 bc	69,37 a	6,37 b	39,83 b	0,055 bc
BRS Ana	50,53 a	55,41 c	63,56 b	4,85 d	33,28 cde	0,040 de
Pirassu	47,93 b	58,50 ab	68,32 a	7,01 a	46,87 a	0,030 e
Beacon Chipper	50,53 a	58,87 a	68,45 a	5,15 cd	31,73 def	0,050 cd
Marcy	50,53 a	58,87 a	68,45 a	5,15 cd	29,74 ef	0,070 a
C.V. (%)	0,88	1,27	0,83	2,54	2,96	6,58

Letras iguais em coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). T_0 , T_p , T_f , ΔH , %R e %P = temperatura inicial, pico, final, variação de entalpia e tendência a retrogradação e teor de fósforo, respectivamente.

Karim; Norziah e Seow (2000) perceberam que os amidos retrogradados podem apresentar valores de entalpia de até 60-80% menores que os obtidos

para os amidos nativos, além das temperaturas de transição endotérmica associadas à fusão de amidos retrogradados, que também ocorrem a temperaturas de 10 a 20°C a menos quando comparadas aos amidos gelatinizados.

Para os autores isso ocorre porque a retrogradação é basicamente um processo de recristalização, explicada pela forte tendência de formação de pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxilas das moléculas adjacentes do amido. Essa reorganização forma-se em menor ordenamento após a gelatinização e deste modo menos energia é necessária para fundir os cristais.

Garcia-Alonso et al. (1999) e Karim; Norziah e Seow (2000) relatam que na retrogradação, o gel sofre transformações que resultam em uma estrutura parcialmente cristalina, diferente da estrutura presente no grânulo de amido nativo.

Os resultados das propriedades térmicas de retrogradação são apresentados na Tabela 12. A cultivar Pirassu apresentou o menor valor de temperatura inicial (47,93°C) as cultivares BRS Ana, Marcy e Beacon Chipper apresentaram as temperaturas mais elevadas (50,53°C). A temperatura de pico foi maior para as cultivares Beacon Chipper e Marcy (58,87 °C), porém, não diferindo estatisticamente das cultivares Pirassu e Marlen.

A variação de entalpia (ΔH) foi maior para a cultivar Pirassu e menor para a cultivar BRS Ana que, não diferiu das cultivares Beacon Chipper, Marcy e Harley Beckhell, indicando menor quantidade de energia necessária para romper as interações dos grânulos reestruturados. Das cultivares avaliada, a Pirassu apresentou a maior tendência em retrogradar (46,87%), enquanto a cultivar Harley Beckhell apresentou a menor tendência à retrogradação não diferindo estatisticamente das cultivares Beacon Chipper e Marcy.

Para Peroni (2003) as diferenças na extensão da retrogradação podem ser explicadas com base na distribuição dos comprimentos das cadeias de amilopectina e teor de amilose. Muitos autores se referem à retrogradação como sendo uma associação de cadeias de amilose. Contudo, Moorthy (2001), em amidos cerosos que não contém amilose, é a amilopectina que contribui para a retrogradação pela associação de cadeias externas.

As cultivares Harley Beckhell e Marcy apresentaram baixa taxa de entalpia e retrogradação (Tabela 12) o que segundo Peroni (2003) pode estar associado aos

teores de amilose (Tabela 8) como também a distribuição das cadeias ramificadas de amilopectina.

Segundo Franco et al. (2001) a batata apresenta baixa tendência em retrogradar, atribuindo esta ocorrência a alta massa molecular da fração amilose e a presença dos grupos fosfatos ligado ao amido.

Para Acquarone e Rao (2003) as ligações inter/intra molecular em posições aleatórias entre as cadeias de amilopectina com o fósforo provocam maior estabilidade no grânulo. Wurzburg (1986) fosfatou diferentes amidos e percebeu que ocorreu uma dupla modificação, uma combinação de substituição com ligação cruzada dificultando a retrogradação.

A cultivar Harley Beckhell apresentou menor tendência a retrogradação (28,76%) e menor gasto de energia para romper as duplas hélices da região cristalina (4,93 J/g) isso sendo decorrente ao seu elevado teor de monoéster fosfato e teor de amilose no amido. Em contrapartida, a cultivar Pirassu apresentou o menor teor de monoéster fosfato (0,030%), acarretando em um elevado potencial de retrogradação (46,87%) e elevada energia necessária para romper as ligações (7,01 J/g).

Correlacionando o conteúdo de fósforo com a tendência em retrogradar e a quantidade de energia necessária para fundir os cristais, percebe-se que quanto maior o teor de fósforo menor será a tendência em retrogradar e menor será a quantidade de energia necessária para fundir os cristais ($r = -0,74$ e $r^2 = 0,55$).

Jane et al. (1996) observaram que 61% do monoéster fosfato em amido de batata estão ligados ao C-6 das unidades de glicose, 38% em C-3 da glicose, e possivelmente 1% monoéster fosfato no C-2.

5- CONCLUSÕES

Os tubérculos e os amidos extraídos das diferentes cultivares de batata, nas condições de cultivo de Pouso Alegre/MG, apresentam atributos físicos e químicos que permitem diferentes indicações de uso;

O aumento do teor de fósforo nos amidos teve uma resposta positiva nas propriedades térmicas e de pasta, aumentando a viscosidade e controlando a retrogradação.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca, 2004. **O mercado de amido no mundo.** Disponível em:

<www.abam.com.br/artigos/Ceteagro%20coluna%20MarneyCereda.doc> Acesso em março de 2013.

ACEVEDO, E.; BRESSANI, R. Ingestión de fibra dietética em los países Del istmo centroamericano: implicaciones nutricionales. **Archivos Lationoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.3, p.392 – 404, 1989.

ACQUARONE, V.M.; RAO, M.A. Influence of sucrose on the rheology and granule size of cross-linked waxy maize starch dispersions heated at two temperatures. **Carbohydrates Polymers**. v.51, p. 451-458, 2003.

ALEXANDER, R.J. Potato starch: New prospects for an old product. *Cereal Foods World*, v.40, n.10, p.763-764, 1995.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, v.67, p.123-127, 1999.

ANDERSON, J. W.; ALLGOOD, L. D.; LAWRENCE, A.; ALTRINGER, L. A.; JERDACK, G. R.; HENGHOLD, D.A.; MOREL, J. G.. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: Meta-analysis of controlled trials. **J. Am. Coll. Nutr.**, v.71, p. 472-479, 2000.

ANDREU MA; PINTO CABP; SIMON GA. 2007. Genetic markers for processing traits in potato. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 7: 67-73.

AOAC INTERNATIONAL. **AOAC** - International. 18th edition – Gaithersburg. Current Through Revision 2, 2007.

ATWELL, W. A. et al. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods World**, Eagan, v. 33, n. 3, p. 306-311, 1988.

BAKER, L. A.; RAYAS-DUARTE, P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, n. 3, p. 301-307, 1998.

BÁRTOVÁ, V.; BÁRTA, J. Chemical composition and nutritional value of protein concentrates isolated from potato (*Solanum tuberosum* L.) fruit juice by precipitation with ethanol or ferric chloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 19, p. 9028-9034, 2009.

BILIADERIS, C. G. Structures and phase transitions of starches in food systems. **Food Technology**, Van Buren, v. 45, n. 6, p. 98-145, 1992.

BILIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, v.49, p.60-78, 1991.

BLENNOW, A. et al. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. **International Journal of Biological Macromolecules**, Maryland Heights, v. 27, n. 3, p. 211-218, 2000.

BORRUEY, A.; COTRINA, F.; MULA, J.; VEJA, C. Calidad industrial y culinária de las variedades de patata. In.: PASCUALENA J.; RITTER, E. **Actas del congreso iberoamericano de investigación y desarrollo em patata**. Vitoria-Gastéis. España. 3-6 julio, 2000.

BRASIL. Resolução nº 263. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o “Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo. Brasília, DF. 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as Normas específicas do Estado de São Paulo, Revista pela CNNPA, Relativas a alimentos e Bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 Julho de 1978. Seção 1 pt I.

BRAUN, H.; FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L.; BUSATO, C.; CECON, P.R. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v.34, n.2, p.285-293, mar/abril. 2010.

BREGAGNOLI M. 2006. **Qualidade e produtividade de cultivares de batata para indústria sob diferentes adubações**. Piracicaba: USP-ESALQ. 141p. (Tese doutorado).

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis – Mini review. **Internacional Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, n. 2, p. 85 – 112, 1998.

BURTON, W.G. **The Potato**. New York: Longman, 1989. 742p.

CACACE, J.E.; HUARTE, M.A.; MONTI, M.C. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. **American Potato Journal**, v.71, p.145-153, 1994.

CAMPANHA, R. B. Características físico-químicas e estruturais de amidos nativos e suas destrinas Naegeli. Dissertação de mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, 2010, p. 95.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. 3 ed., Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. p. 430- 431, 751p.

CAPEZIO, S. et al. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v.5/6, n.1, p.54-63, 1992/93.

CASTRO, A. F. **Estudio de retrogradación del almidón presente em lãs tortillas, utilizando diversas técnicas**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Desenvolvimento de Produtos Bióticos)-Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Morelos, 2006.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Editora da UNICAMP: 2º ed. rev.- Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003. 207p.

CEREDA, M. P.; LANDI, C. M. et al. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, v.1, cap.6, p.101-133, 2001. (Série Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas).

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I.M. Processos de produção de fécula de mandioca: comparação Tailândia e China. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, cap. 12, 246p. 2004. (Série Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas).

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I.M. Amidos Modificados. In: CEREDA, M.P. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. Fundação Cargill, 2001. p.246-333.

CHERBUT, C.; AUBE, A.-C.; MEKKI, N.; DUBOIS, C.; LAIRON, D.; BARRY, J.-L. Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. **Br. J. Nutr.** v.77, p. 33-46, 1997.

CONCEIÇÃO, A. M.; FORTES, G. R. L.; SILVA, J. B. Influência do ácido acetilsalicílico, da sacarose e da temperatura na conservação in vitro de segmentos caulinares de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p.182-185, nov. 1999.

CORDENUNSI, B.R. Utilização de novas técnicas de microscopia na caracterização do amido. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionais iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006. cap. 2, p.49-62.

COTTRELL, J. E. et al. Properties of potato starch: effects of genotype and growing conditions. **Phytochemistry**, v. 40, n. 4, p. 1057-1064, 1995.

COUTINHO, A.P.C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 151p. Tese. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu.

DAIUTO, E.R. **Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistência dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos**. Tese. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu. 2005. 146p.

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J. A. Physicochemical properties of cassava. **Starch/Stärke**, v. 50, n. 3, p. 58-64, 1998.

DENARDIN, C. C.; SILVA L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, online, 2008.

DE JONG, W.S.; HALSETH, D.E.; BRODIE, B.B.; PERRY, K.L.; SIECZKA, J.B.; CHRIST, B.J.; PORTER, G.A.; PADDOCK, K.M.; PECK, M.W.; PLAISTED, R.L.

DIAS, P.D.B. **Efeito da utilização de película e de diferentes formas de acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 138 p. 2011.

DOUCHES, D.S.; COOMBS, J.; HAMMERSCHMIDT, R.; KIRK, W.W.; LONG, C.; SNAPP, S.; KUDWA, B.; FLANNERY, D.; BOUGOIN, T. Beacon Chipper: A Round white chip-processing potato variety. **American Journal of Potato Research**. v.83, n.3, p. 241-247. May/June, 2006.

EGGLESTON, G., SWENNEN, R., AKONI S. Physicochemical studies on starches isolated from plantain cultivars, plantain hybrids and cooking bananas. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.44, n.4, p.121-128. 1992.

ELIASSON, A. C. **Starch in food – Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, p. 605, 2004.

EMBRAPA. **Batata BRS Ana, para ser frita à moda francesa**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/outubro/3a-semana/batata-brs-ana-para-ser-frita-a-moda-francesa/>>. Acesso em: 22 de maio 2013.

EVANGELISTA, R.M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p. 953-960. Ago/2011.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic**. Piracicaba, 2005. 98 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B.; VIEITES, R.L. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v.61, p. 598-603, 2004.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M.; NARDINI, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.299-304, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa, UFV, 2008. 421p.

FILGUEIRA, F.A.R. Batata inglesa ou andina? **Batata Show**, v.5, n.13, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortícolas (Olericultura Especial, 2).2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 357, 1982.

FRANCO, C. M. L.; WONG, K. S.; YOO, S.; JANE, J. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 243-248, 2002.

FRANCO, C. M. L. et al. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do Amido**. Campinas, Fundação Cargill, 2002. v.1. 224p.

FREITAS, S. T.; BISOGNIN, D. A.; GOMEZ, A. C. S.; SAUTER, C. K.; COSTA, L. C.; RAMPELOTTO, M. V. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n.1, p. 80-85, 2006.

FREITAS, M.C.J. **Dietas ricas em amido resistente de bananas verdes (Musa AA-Nanicão e Musa AAB-Terra) promovem alteração na função intestinal, no metabolismo lipídico e glicídico e na microbiota intestinal**. 2001. Tese – Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

FRENCH, D. Chemical and physical properties of starch. **Journal of Animal Science**, v.37, n.4, p.1048-1061, 1973.

FRENCH, D. Organization of starch granules. In: WHISTLER, R. L., BeMILLER, J.N., PASCHAL, E.F. **Starch: chemistry and technology**. 2.ed. London: Academic Press, 1984. p.183-247.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 1997. 32 p.

GALLANT, D.J. et al. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. *Starch/Stärke*, Weinheim, v. 34, n. 8, p. 255-262, 1982.

GALLIARD, T.; BOWLER, P. Morphology and composition of starch. In: GALLIARD, T. **Starch: properties and potencial**. Chischester: John Wiley & Sons, 1987. cap.3, p.55-78.

GARCIA-ALONSO A, JIMÉNEZ-ESCRIG A, MARTÍN-CARRÓN N, BRAVO L, SAURA-CALIXTO F. Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch. *Food Chemistry*. 1999; 66:181-7.

GARCIA, A. M.; WALTER, W. M. Physicochemical characterization of starch from peruvian sweet potato selections. *Starch/Stärke*, v. 50, n. 8, p. 331-337, 1998.

GEDDES, R.; GREENWOOD, C.T.; MACKENZIE, S. Studies on the biosynthesis of starch granules. *Carbohydrate Research*, Maryland Heights, v. 1, n. 1, p. 71-82, 1965.

GÉRARD, C.; BARRON, C. P.; PLANCHOT, V. Amylose determinations in genetically modified starches. *Carbohydrate Polymers*, v. 44, p. 19-27, 2001.

GUERRA, N.B.; DAVID, P.R.B.S.; MELO, D.D.; VASCONCELOS, A.B.B.; GUERRA, M.R.M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. *Revista de Nutrição*. Campinas, v.17, n.1, p.45-52, 2004.

GUERREIRO, L.M.R. **Avaliação de Amidos nativos em condições de estresse adaptados ao processamento de alimentos**. 2002. Dissertação – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.

IFT (Institute of Food Technologists). Dietary fiber. *Food Technology*, Van Buren, v. 33, n.1, p. 35-39, 1979.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.

IMBERTY, A.; *et. al.* Recent advances in knowledge of starch structure. *Starch/Starke*, v.43, n.10, p.375-374, 1991.

IMBERTY, A.; CHANZY, H.; PÉREZ, S. The double-helical nature of the crystalline part of A-starch. **Journal Molecular of Biology**, v.201, n.2, p. 365 – 378, 1988.

JACOBS, H.; DELCOUR, J. A. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 8, p. 2895 – 2905, 1998.

JANE, J.; CHEN, Y. Y.; LEE, L. F.; MCPHERSON, A. E.; WONG, K. S.; RADOSAVLJEVIC, M.; KASEMSUWAM, T. Effects of amylopectin branch length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999.

KARIM, A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry**, v. 71, p. 9-36, 2000.

KASEMSUWAN, T., JANE, J. Quantitative method for survey starch phosphate derivatives and starch phospholipids by ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.73, n.6, p.702-707, 1996.

KAUR, A.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; GURAYA, H.S. Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations. **Food Chemistry**. v.101, p. 643-651, 2007.

KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. **Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives**. Blackie Academic & Professional, Glasgow. 275p. 1995.

KITA, A. The influence of potato chemical composition on crisp texture. **Food Chemistry**, v. 76, n. 2, p. 173-179, 2002.

KLUCINEC, J. D.; THOMPSON, D. B. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed high-amylose starches. **Cereal Chemistry**, v.76, n.2, p.282-291, 1999.

KRIEGER, K. M. et al. Thermal properties of corn starch extracted with different blending methods: micro blender and homogeneizer. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 553-555, 1997.

KRUEGER, B.R.; KNUTSON, C.A.; INGLETT, G.E.; WALKER, C.E. A differential scanning calorimetry study on the effect of annealing on gelatinization behavior on corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.3, p.715-718, 1987.

KUMAR, D.; SINGH, B.P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v.145, n.3, p.247-256, 2004.

LACHMAN, J.; HAMOUZ, K; DVORÁK, P.; ORSÁK, M. The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers. **Plant Soil Environment**. v. 51, n. 10, p. 431-438, 2005.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos, SÃO PAULO: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.**

LANGLEY-DANYSZ. Les amidons natifs de retour sur scène. **In Revue de l'industrie agroalimentaire**, France, n.539, p.39-45, 1995.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 27, n. 3, p. 579-588, jul/set. 2007.

LEONEL, M. Processamento de batata: fécula, flocos, produtos de extrusão. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, Pouso Alegre, Minas Gerais. **Anais...** Pouso Alegre: EPAMIG, 2005. CD.

LEONEL, M.; GARCIA, A. C. B.; REIS, M. M. Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 129-137, 2004.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 22, n. 1, p. 65-69, Jan/Apr. 2002.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, 1998.

LEYGUE, J.P. **Débouchés industriels des céréales**. 3.ed., (ITCF), 1994. 32p.

LILJEBERG, E.H. Resistant starch content in a selection of starchy foods on the Swedish market. **European Journal of Clinical Nutrition**, Darmstadt, v. 56, n. 6, p. 500 – 505, 2002.

LIM, S.T.; KASEMSUWAN, T.; JANE, J.L. Characterization of phosphorus in starch by ³¹P nuclear magnetic spectroscopy. **Cereal Chemistry**, v.71, p.468-472, 1994.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n.1, p. 84-88, 2008.

LOVE, S.L.; STARK, J.C.; GUENTHNER, F. The origin of potato production systems. In: STARK, J.C.; LOVE, S.L. (Ed.). **Potato production systems**. Moscow. University of Idaho, 2003. P. 1-8.

LOVE, S.L. Important quality characteristics in breeding processing potatoes. In: **WORLD POTATO CONGRESS**, 4., 2000. Wageningen Proceedings... Amsterdam: Wageningen Press, 2000. p.261-266.

LUSTOSA, B. H. B. et al. Produção de farinha instantânea de mandioca: efeito das condições de extrusão sobre as propriedades térmicas e de pasta. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.31, n.2, p.231-238, 2009.

MAIA, L. H. et al. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 391-396, 1999.

MADAIL, J.C.M.; SILVA, A.S.; TREPTOW, R.O.; GARCIA, C.B.; BELARMINO, L.C.; RIZZOLO, R.G.; NEY, V.G. Preferências do Consumidor de batatas no sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico**. Pelotas/RS. Outubro, 2009.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo, Ed. Pioneira, 1974. 727p.

MALLMANN, N. Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense. Curitiba, 2001. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná.

MANNERS, D.J.; MATHERSON, N.K. The fine structure of amilopectin. **Carbohydrate research**, Amsterdam, v. 90, p. 99-109, 1981.

MARCY: A Chipping variety with resistance to common scab and the golden nematode. **American Journal of Potato Research**. v.83, n.2, p. 189-193. March/April, 2006.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. Ponta Grossa, 2006. 112 p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

McPHERSON, A. E.; JANE, J. Comparison of waxy potato with other root and tuber starches. **Carbohydrate Polymers**, v.40, n.1, p.57-70, 1999.

MELO, P.E. Cultivares de batata potencialmente úteis para o processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário** 20: 112-119. 1999.

MORENO, J. D. **Calidad de la papa para usos industriales**. Corpoica, 2000. Disponível em: <<http://www.redepapa.org/calidadpapa.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2013.

MOORTHY, S.N. Tuber crops starches, Technology Bulletin, n.18, Central **Tuber Crops Research Institute**, Triruvananthapuram, 1994, 40p.

MORIKAWA, K.; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour of dispersions for native and chemically modified potato starch. **Food Hydrocolloids**, Maryland Heights, v. 14, n. 4, p. 395-401, 2000.

MORRISON, W. R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, v.40, p.437-446, 1995.

MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal amylases – An overview. **Carbohydrate Polymers**. n. 60, p. 163-173, 2005.

NAKANO, D. H.; DELEO, J. P. B.; BOTEON, M. Choque de competitividade. **Hortifruti Brasil**, n. 51, p. 6-17, 2006.

NARDIN, I. Perfil de consumo de batatas em diferentes faixas etárias e de renda familiar. **Revista Batata Show**, v. 25, p. 32-33, 2009.

NODA, T.; TAKIGAWA, S.; MATSUURA-ENDO, C.; KIM, S., HASHIMOTO, N.; YAMAUCHI, H.; HANASHIRO, I.; TAKAEDA, Y. Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small, and extremely small potato starch granules. **Elsevier – Carbohydrate Polymers**. v.60, 245-251 p. 2005.

NODA, T., TAKAHATA, Y., SATO, T., IKOMA, H., MOCHIDA, H. Physicochemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer. **Stärke**, v. 48, p. 395- 399, 1996.

NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H.S.; KUSHALAPPA, A.C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, Berlin, v.36, p.49-65, 2003.

NUNES, M.C.U. Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe. **Horticultura Brasileira**. Brasília. v.20, n.3, p. 424-427, set. 2002.

PÁDUA, J.G.; MESQUITA, H.A.; CARMO, E.L.; DUARTE, H.S.S.; DIAS, J.P.T.; FILHO, J.D. Potencial produtivo de cultivares francesas de batata para o estado de Minas Gerais. **Revista Trópica – Ciência Agrárias e Biológicas**. v.3, n.2. p.73. 2009.

PÁDUA, J.G. Relatório Técnico: **Aptidão Agrícola e Industrial de Cultivares de Batatas Introduzidas no Estado de Minas Gerais**. Pouso Alegre: EPAMIG. 2007. 76p.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.1-17, 2001.

PASTORINI, L.H.; BACARIN, M.A.; TREVIZOL, F.C.; BERVALD, C.M.P.; FERNANDES, H.S. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**. v.21, n.4, p.660-665, out/dez. 2003.

PAULA, F. L. M., et al., Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v.35, n.5, p. 1034-1042, 2005.

PAULETTI, V.; MENARIN, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 15-20, 2004.

PENTEADO, R. L. B. Fibras vegetais na alimentação humana. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 15, n. 3, p. 279-302, 1981.

PEREIRA, L.D. **Caracterização do amido nativo e modificação química do amido da Fruta-de Lobo (*Solanum lycocarpum*) com tripolifosfato de sódio**. Dissertação. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade de Goiás, Goiás, 2011.

PEREIRA, L. H. G. **Obtenção e estudo das propriedades físico-químicas de amidos de mandioca oxidados e ácidos-modificados**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 108, 2008.

PEREIRA, A. da S.; CASTRO, C. M.; MEDEIROS, C. A. B. **Batata ‘BRS Ana’**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008a. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 183).

PEREIRA, A. da S.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C. M.; HIRANO, É.; MELO, P. E.; MEDEIROS, C. A.; GOMES, C. B.; TREPTOW, R. O.; NAZERENO, N. R. X.; MACHADO, C. M. M.; LOPES, C. A.; KUHN, C. A.; BUSO, J. A.; OLIVEIRA, R. P. O.; UENO, B. ‘BRS Ana’: Cultivar de batata para fritas à francesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, Suplemento, 2008b. CD-ROM. 1 CD-ROM.

PEREIRA, A. da S.; SILVA, R. da S.; BENDER, C.I.; FERRI, M.L.; VENDRUSCOLO, J.L. Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.2, p.220-223, abr./jun. 2007.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.M.Q.; MOURA, C.C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia, MG: EDUFU, 60 p. 2005.

PEREIRA, A.S. ; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567 p.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEIXEIRA, A. L. S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1999.

PÉREZ, E.E.; BREENE, W.M.; BAHNASSEY, Y.A. Variations in the gelatinization profiles of cassava, sagu and arrowroot native starches as measured with different thermal and mechanical methods. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.50, n.2-3, p.70-72, 1998.

PERONI, F. H. G.; ROCHA, T. S.; FRANCO, C. M. L. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**, v. 12, n. 6, p. 505-513, 2006.

PERONI, F.H.G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. Dissertação. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto. 118p. 2003.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. 2 ed. São Paulo: Coronário, 2002.

PINELI, L.L.O. et al. Caracterização química e física de batatas ágata e monalisa minimamente processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 127-134, 2006.

PINTO, C.A.B.P. Desenvolvimento de novas cultivares de batata. **Batata Show – A revista da Batata**. Ano 01, nº02, julho, 2001. 38p.

PINTO, M.P. **Optimização dos processos de produção de xaropes de glucose e dextrose monohidratada**. Dissertação. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. 30p. 2009.

POPP, P. Industrialização da batata no Brasil. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE PESQUISA EM MELHORAMENTO DE BATATA, 1996, Londrina, PR. Anais... Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. p.35

QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.29: 316-323, 2009.

RECHSTEINER, M.S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata doce e mandioca e aplicação como substituto de gordura em sorvetes.** 2009. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.) **Produção de batata**, Brasília: Linda Gráfica, 1987. p. 12-28.

RODRIGUES, N.S.S. **Avaliação tecnológica e sensorial de novos genótipos de batata (*Solanum tuberosum*, L.) para industrialização na forma de pré-fritas congeladas.** Dissertação. Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

RODRIGUES ROBLES, W. G. **Dióxido de carbono via fertirrigação em batateira (*Solanum tuberosum* L.) sob condições de campo.** Piracicaba, 2003. 160 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SANTOS, A.P. **Farinha de Batata (*Solanum tuberosum* L.): Obtenção, caracterização físico-química, funcional, elaboração e caracterização de sopas desidratadas.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-Bahia. 105p. 2009.

SAURA CALIXTO, F. D. Fibra dietetic de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos**, Rioja, v. 242, n. 4, p. 57-62, 1993.

SERRANO, P. O.; FRANCO, C. M. L. Modificação hidrotérmica *annealing* e hidrólise enzimática do amido de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 220-232, 2005.

SGARBIERI, V. C. Alimentação e Nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. São Paulo: editora Almed, 1987. 387 p.

SILVA, G. O. et al. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 26, n. 1, p. 188-197, Jan/Mar. 2006.

SINGH, N. et al., Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SINGH, N. & KAUR, L. Morphological, thermal, rheological and retrogradation properties of potato starch fractions varying in granule size. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, p.1241-1252, 2004.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. 2nd. Ed. Westport, Conn: AVI Publishing Company, Inc.1977. 642p.

SRIROTH, K. et al. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 38, n. 2, p. 161-170, 1999.

STANLEY, R.; JEWELL, S. **The influence of source and rate of potassium fertilizer on the quality of potatoes for french fry production**. Potato Research V. 32, p.439 - 446, 1989.

STERTZ, S. C.; ROSA, M. I. S.; FREITAS, R. J. S. Qualidade nutricional e contaminantes da batata (*Solanum tuberosum* L., solanaceae) convencional e orgânica na Região Metropolitana de Curitiba - Paraná. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 383-396, 2005.

SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starches. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 37, n. 1, p. 1-5, 1985.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade Estadual de Campinas. 2ed. Campinas. 2006.

TAKIZAWA, F.F. et al. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.6, p.921-931, 2004.

TESTER, R. F. et al. Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**. v. 39, p. 151-165, 2004.

TESTER, R. F. Starch: The polysaccharide fractions. In: FRAZIER, P. J.; RICHMOND, P.; DONALD, A. M. **Starch: Structure and Functionality**. London: Royal Society of Chemistry. 1997. p. 163 - 171.

TESTER, R.F., MORRISON, W.R. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylase and lipids. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.67, p.551-557, 1990.

TFOUNI, S. A. V.; MACHADO, R. M. D. **Batata pré-frita congelada**. Campinas: ITAL, 2002. 67 p. (Agronegócio 1).

TFOUNI, S. A. V.; MACHADO, R. M. D.; GARCIA, L. C.; AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Batata chips e palha**. Campinas: ITAL, 2003. 73 p. (Agronegócio 3).

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches**: practical guides for the food industry. Minnesota: Eagan Press, 1999. 94 p.

TRINDADE JLF. 1994. **Caracterização de algumas variedades de batata do Município de Contenda-PR e indicações quanto ao uso doméstico e fins tecnológicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 91p. (Dissertação Mestrado).

UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. **Snowden**: characteristics. Lincoln: University of Nebraska-Lincoln, [199-?]. Disponível em: <http://cropwatch.unl.edu/web/potato/snowden_characteristics>. Acesso em: 22 de maio 2013.

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v.58, p.245-266, 2004.

VAN DER BURGT, Y. E. M.; BERGSMA, J.; BLEEKER, I. P.; MIJLAND, P. J. H. C.; KAMERLING, J. P.; VLIEGENHART, J. F. G. Structural studies on methylated starch granules. **Starch**, v. 52, n. 2-3, p. 40-43, 2000.

VARIEDADES. **Revista Batata Show**: Associação Brasileira da Batata (ABBA), São Paulo, n.28, Dez/2010.

VICENTE, A.M.; CENZANO, I.; VICENTE, J.M. **Manual de indústria dos alimentos**. São Paulo: Varela, 1996.

VIEIRA, F. C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioca-salsa (*Arracacia Xanthorrhiza*)**, de

batata-doce (*Ipomoea batatas*) e de gengibre (*zingiber officinale*). 2004. Dissertação para obtenção do título de mestre, ESALQ/USP, 2004.

VILELA, N.J.; BRUNE, S.B.; BORGES, I.M.O. Principais desafios para o agronegócio brasileiro de batata. **Batata Show**, Itapetininga, v.5, n.11, p. 5-8, 2005.

VILPOUX, O. Amidos adaptados ao uso nas indústrias de alimentos. **Jornal CERAT/UNESP**, Botucatu, n.70, p.1-2, 1998.

WANG, Y. J. et al. Characterization of starch structures of 17 maize endosperm mutant genotypes with Oh43 inbred line background. **Cereal Chemistry**, v.70, n.2, p.171-179, 1993.

WATTANCHANT, S.; MUHAMMAD, K.; HASHIM, D.; RAHMAN, R.A. Effect of crosslinking reagents and hydroxypropylation levels on dualmodified sago starch properties. **Food Chemistry**, 80, p. 463-471, 2003.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. Starch. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. AACC. St Paul: Eagan Press, 1997. p. 117-151.

WHISTLER, R.L.; DANIEL,J.R. Carboidratos In: FENNEMA O.R. **Química de los alimentos** Zaragoza: Acribicia, 1993, p-81-156.

WILLARD. M.J. Potato flour. In: TAUBURT, W. F.; SMITH, O. **Processing potato**. 3rd ed. Westport: AVI, 1975. p.563-578.

WISCHMANN, B.; AHMT, T.; BANDSHOLM, O.; BLENNOW, A.; YOUNG, N.; JEPPESEN, L.; THOMSEN, L. Testing properties of potato starch from different scales of isolations – A ringtest. **Journal of Food Engineering**. n.79. p.970-978. 2007.

WURZBURG, O.B. Cross-linked starches. In: O.B. Wurzburg (Ed.), **Modified starches: Properties and uses**, p. 41-53. Boca Raton, FL: CRC Press, 1986.

YADAV, A. R., GUHA, M., THARANATHAN, R. N., RAMTEKE, R. S., Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. **European Food Research and Technology**, 223, 553-560. 2006.

YAMIN, F. F. et al. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73 (1). **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 175-181, 1999.

YOO, S.H.; JANE, J.I. Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v.49, n.3, p.297-305, 2002.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**, v. 46, n. 2, p. 179-184, 2001.

YUSUPH, M; TESTER, R.F.; ANSELL, R.; SNAPE, C.E. Composition and properties of starch extracted from tubers of different potato varieties grown under the same environmental conditions. **Food Chemistry**, v.82, p.283-289, 2003.

ZOBEL, H.F.; YOUNG, S.N; ROCCA, L.A. Starch gelatinization: an X-ray diffraction study. **Cereal Chemistry**, v. 65, n.6. p.443-446, 1988.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. L. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma chips. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 6, p. 15-24, 2003.