

## GRÂNULOS E PASTAS DE AMIDO: O ESTADO DA ARTE

Antonio Paulo Giacometto<sup>a</sup>Gilvan Wosiacki<sup>b</sup>

### RESUMO

*Alguns aspectos físicos e químicos dos grânulos de amido natural e o comportamento reológico das suas pastas são apresentados e discutidos, visando o estabelecimento do estado da arte e a proposição de linhas de trabalho necessárias.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Amido, Grânulos de amido, Pastas de amido, Propriedades reológicas.

### 1 – INTRODUÇÃO

O amido, polissacarídeo de reserva das plantas, é ingerido pelo ser humano e constitui-se na principal fonte de energia alimentar, sendo encontrado principalmente em grãos de cereais e em tubérculos e raízes.

No Brasil são empregados os termos técnicos amido e fécula para designar a origem botânica deste polissacarídeo. Se proveniente das partes superiores das plantas, como os grãos, é denominado amido, e fécula se for proveniente de partes subterrâneas, como raízes ou tubérculos. Nesta revisão, ambos serão denominados de amido.

O amido é formado em organelas especiais (leucoplastos) de célula vegetal e precipitado na forma de grânulos dispersos em material citoplasmático. Estes grânulos apresentam estriações características, e o tamanho e forma dos mesmos são característicos em muitas espécies de plantas e podem ser usados como um meio microscópico para identificar a origem do amido<sup>5</sup>; sendo que valores extremos no tamanho dos grânulos 1  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$  – podem ser observados<sup>2,4</sup>. O teor de amido pode variar dependendo da idade do vegetal no momento da colheita, do manuseio, do pré-processamento e, principalmente, da duração e condições de estocagem<sup>1,9</sup>.

Embora a maioria do amido seja consumido juntamente com o vegetal, é possível sua extração. Devido às propriedades funcionais, tanto de suas formas naturais como das modificadas, apresenta grande número de aplicações em indústrias de alimentos, têxteis, papel, cosméticos, metalurgia e outras. É muito usado na indústria de alimentos como agente espessante, estabilizante, emulsificante, gelificante e diluente. O amido absorve água, formando pastas quando aquecidas, o que é denominada técnica de gomificação. As características do amido gomificado dependem da sua origem botânica e podem ser mo-

dificadas por agentes físicos e químicos.

Métodos modernos na preservação de alimentos incluem o congelamento por longos períodos, podendo causar transformações no gel, como o endurecimento, desenvolvimento de opacidade e sinérese. Assim, é extremamente importante o conhecimento do comportamento da viscosidade durante o ciclo completo que inclui cozimento e resfriamento, sob agitação mecânica.

Desta forma é objetivo desta revisão abordar alguns aspectos básicos, físicos e químicos, dos grânulos de amido natural, bem como o comportamento reológico de suas pastas, quando cozidos e resfriados.

### 2 – REVISÃO

Quimicamente, o amido é constituído por moléculas de glicose em ligações  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  e  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  constituindo frações estruturalmente diferentes, chamadas amilose e amilopectina, embora possam conter outros tipos de ligações em menor quantidade que podem influenciar as propriedades dos grânulos. Amidos de cereais contém aproximadamente 0,5% de ácidos graxos e, em grânulos de amido de batata o fósforo está presente como fosfato esterificado<sup>12</sup>. Alguns componentes da fração amido de diferentes fontes, em base seca, são mostrados no quadro n. 1.

FONTE	PROTEÍNAS (%)	LIPÍDIOS (%)	FIBRAS (%)	CINZAS (%)	REF.
mandioca	0,03 – 0,10	0,08 – 0,37	–	0,02 – 0,27	27
milho	0,38	0,09	0,08	0,07	3
covada	0,11 – 0,56	0,07 – 0,52	–	0,14 – 0,36	9
pinhão	0,07	1,00	–	0,08	32
batata	0,09 – 0,11	–	0,11 – 0,37	0,023 – 0,057	18

<sup>a</sup> Químico, Departamento de Química do Centro de Ciências Exatas da UEM

<sup>b</sup> Engenheiro Químico, Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da UEL.

A fração amilose, composta por unidades de D-glucopiranosas unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4), é considerada fração linear, embora existam evidências de ramificações ou outros tipos de ligações glicosídicas ao longo da cadeia<sup>2</sup>. A amilopectina apresenta a maioria das unidades de D-glucopiranosas com ligações  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) e cerca de 4–5% combinadas em ligações  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  6) proporcionando a formação de uma estrutura ramificada não ordenada simetricamente. Os pesos moleculares destes dois polissacarídeos variam com a fonte botânica e são da ordem de  $1,1 - 1,9 \times 10^6$  para a amilose e de  $1 - 20 \times 10^7$  para a amilopectina, sendo que, de forma geral, amiloses de raízes e tubérculos apresentam peso molecular maior que as obtidas de cereais<sup>13</sup>. A maioria dos amidos apresentam de 15 a 27% de amilose<sup>10</sup>, embora um teor de 30–45% da fração linear possa ser encontrada em amidos de leguminosas<sup>3</sup>. Algumas variedades de milho e ervilha rugosa apresentam alto teor de amilose enquanto amidos cerosos de milho, arroz e sorgo são constituídos somente por amilopectina<sup>3,3</sup>. O quadro n. 2 ilustra a diferença do teor de amilose dos amidos de algumas fontes.

QUADRO n. 2

FONTES DE AMIDO	TEOR DE AMILOSE (%)
batata <sup>a</sup>	22
mandioca <sup>a</sup>	17
araruta <sup>a</sup>	20
milho <sup>a</sup>	20–28
sorgo <sup>a</sup>	23–28
arroz <sup>a</sup>	16–17
trigo <sup>a</sup>	23–34
pinhão <sup>b</sup>	22,5
batata-doce <sup>c</sup>	17,8–18,3

a – GLICKSMAN (citado por HECKMAN<sup>12</sup>)

b – WOSIACKI & CEREDA<sup>3,2</sup>

c – DELPEUCH et alii<sup>7</sup>

Dentro dos grânulos, as moléculas de amilose e amilopectina associam-se por pontes de hidrogênio formando áreas cristalinas ou micelas que são responsáveis pela birrefringência dos grânulos quando observados com luz polarizada. Entre as áreas cristalinas existem regiões amorfas que são facilmente acessíveis à água<sup>13</sup>.

Os grânulos de amido formam uma suspensão em água fria, mas não se dissolvem. Quando aquecidos os grânulos se expandem gradualmente e absorvem água e a uma temperatura crítica – temperatura de gelatinização – que depende do tipo de amido, a cristalinidade é irreversivelmente perdida. Após esta temperatura os grânulos continuam a intumescer e os altamente expandidos podem se desintegrar, liberando amilose e amilopectina em solução. A expansão e desintegração dos grânulos causam significativas mudanças na transparência e viscosidade de dispersão<sup>28</sup>. Nas condições normais de cocção, somente em temperaturas acima de 109°C todas as moléculas de amido se dissolvem e os grânulos desaparecem<sup>11</sup>.

Em soluções diluídas de amido gomificado a molécula de amilose tem conformação helicoidal e a adição de ácidos graxos ou álcoois alifáticos causam a formação de complexos insolúveis, enrijecendo e compactando a hélice alterando o comportamento da amilose em solução. Esta formação de complexos entre a amilose e o álcool é o princípio básico para a separação de amilose da amilopectina<sup>4</sup>. A capacidade da amilose interagir com o iodo, que ocupa o interior da hélice, formando um complexo de cor azul característica, é utilizada para a determinação quantitativa de amilose<sup>1</sup>. Se a gelatinização do amido é conduzida em excesso de água com grânulos se expandindo livremente e sem desintegração mecânica, diferentes padrões de expansão são encontrados entre os vários tipos de amidos. LEACH et alii<sup>16</sup> estudaram o padrão de expansão e solubilidade de vários amidos para evidenciar o grau de associação existente dentro dos grânulos e concluíram que a expansão do grânulo é influenciada pela espécie botânica que originou o amido. Os padrões de expansão foram relacionados com forças homogêneas ou heterogêneas que atuam mantendo a estrutura do grânulo de amido. Assim, a expansão em dois estágios dos amidos de milho foi associada com dois tipos de forças que relaxam a diferentes temperaturas, enquanto a expansão muito rápida e irrestrita, em temperaturas relativamente baixas, apresentada pelo amido de mandioca, foi relacionada com ligações fracas e uniformes no interior de seus grânulos.

Os amidos são classificados em três grupos segundo sua ordem decrescente de forças associativas ou ordem crescente de expansão: (a) amidos de cereais-milho, (b) amido de raízes-mandioca e, (c) amidos de tubérculos-batata<sup>12</sup>. Os padrões de expansão apresentados pelos vários amidos são conseqüentes de suas estruturas cristalinas e entre os fatores que, a nível molecular, influenciam o grau de associação, forma, composição e distribuição das zonas cristalinas são destacados: proporção de amilose e amilopectina, peso molecular, grau de ramificação, conformação e extensão das cadeias externas de amilopectina<sup>4</sup>.

Dispersões de amido aquecidos quando submetidas a resfriamento sob agitação, normalmente apresentam um aumento de viscosidade que é relacionado com a formação de pontes de hidrogênio entre as moléculas de amilose, visto que amidos de variedades cerosas somente formam géis em altas concentrações de amido (cerca de 30% ou mais); tal fato é associado à presença de ramificações que impedem o estabelecimento de associação para a formação do gel<sup>13</sup>.

Com a manutenção do gel em repouso ou sob prolongado estoque, uma lenta e progressiva associação de moléculas de amido ocorre, perdendo o gel seu caráter hidratado e coloidal. O gel torna-se então mais opaco e mais rígido, às vezes com exudação de líquido. Tais transformações são conhecidas como retrogradação e se acentuam quando o gel é mantido em baixas temperaturas<sup>14</sup>.

A velocidade de retrogradação das pastas de amido depende de fatores inerentes ao grânulo ou seus componentes, como o tipo de amido, peso molecular e linearidade, além de fatores como umidade, concentração, temperatura,

pH e constituição do meio<sup>4</sup>. Moléculas muito grandes podem ser aleatoriamente ramificadas e por isso não conseguem orientar-se para a associação, enquanto cadeias pequenas apresentam intenso movimento Browniano impedindo a atração intermolecular. A atração máxima é encontrada para cadeias de tamanho médio<sup>12</sup>.

As propriedades do amido podem ser modificadas física ou quimicamente. A modificação física é a pré-gelatinização do amido como meio de aumentar a solubilidade em água fria, produzindo pastas menos viscosas e mais firmes que as do amido original. As modificações químicas mais comuns são: a) modificação por ácido, que visa a menor expansão do grânulo durante a gelatinização; b) a fosfatação, com objetivo de obter pastas mais claras e viscosas, com maior resistência a retrogradação que o amido granular; c) a oxidação, que produz pastas frias mais fluidas que o amido original; e d) o intercrossamento, que confere ao grânulo alta resistência à ruptura mecânica durante a gelatinização. A modificação do amido é feita de acordo com a finalidade de sua utilização<sup>4,13,28</sup>.

Para comparações acuradas da variação de viscosidade das pastas durante o cozimento e resfriamento de diferentes tipos de amidos, ou do mesmo amido sob diferentes condições, condições idênticas de aquecimento e agitação devem ser mantidas. Dos instrumentos que proporcionam estas condições o mais comumente usado é o viscógrafo Brabender, que registra as variações de viscosidade com o aquecimento e resfriamento gradual da pasta sob agitação mecânica. O resultado obtido é analisado para os cinco pontos principais definidos por MAZURS et alii<sup>20</sup> cuja análise num gráfico viscosidade x concentração de amido permite observar:

- picos de viscosidade elevados e agudos, como os apresentados pelo amido de batata e sorgo seroso, seguidos de queda acentuada de viscosidade refletem a fragilidade dos grânulos expandidos à agitação mecânica;
- ausência de picos de viscosidade, como os obtidos para amido de milho e amidos que foram quimicamente intercrossados, indica a grande estabilidade dos grânulos expandidos contra a desintegração mecânica; e
- expansão no acréscimo da viscosidade, quando a pasta aquecida é resfriada a 50°C reflete a tendência de retrogradação do amido.

SCHOCH & MAYWALD<sup>30</sup> propõem que os padrões de viscosidade dos amidos sejam determinados por dois fatores: (1) a extensão do intumescimento dos grânulos e (2) a resistência dos grânulos expandidos à dissolução pelo calor ou fragmentação pelo atrito. Com os resultados obtidos classificaram os padrões de viscosidades das pastas a quente em quatro tipos:

**TIPO A:** amidos de alta expansão, como batata, mandioca, cereais cerosos e derivados iônicos de amidos. Os grânulos sofrem grande expansão quando aquecidos em água e as forças de ligações internas tomam-se fracas e frágeis à agitação. O gráfico Brabender mostra um alto pico de pasta seguido de uma rápida e grande

queda durante o cozimento.

**TIPO B:** amidos de moderada expansão, como os amidos de cereais. Como os grânulos não se expandem excessivamente para tornarem-se frágeis, estes amidos apresentam um pequeno pico de pasta e pequeno caimento durante o aquecimento.

**TIPO C:** amidos de expansão restrita, especialmente produtos de ligações quimicamente cruzadas. A ligação cruzada reduz grandemente a expansão e solubilização e estabiliza o grânulo expandido contra a fragmentação mecânica. A curva Brabender não mostra pico de pasta, mas uma elevada viscosidade que permanece constante ou pode aumentar durante o cozimento.

**TIPO D:** amidos de expansão altamente restrita, especialmente os de alto teor de amilose (55-70%). Devido a rigidez interna causada pela associação das moléculas de alto conteúdo linear, os grânulos deste amido não se expandem suficientemente para formar pastas viscosas quando cozidas em água, em concentrações normais.

No mesmo trabalho os autores usando NaOH 0,20% na extração do amido relatam que a alcalinidade não altera o amido, uma vez que amostras da mesma fonte preparadas desta forma e com tolueno apresentaram os mesmos padrões de solubilidade e viscosidade Brabender. Estes resultados concordam com os obtidos por LII & CHANG<sup>17</sup> que, extraíndo amido de várias fontes com diferentes tratamentos químicos (H<sub>2</sub>O, NaHSO<sub>3</sub> e Ca(ClO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, 750 ppm), não encontraram variação na viscosidade Brabender, embora tenham observado que entre amidos de mandioca, o tratamento com Ca(ClO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> produziu pasta de maior viscosidade.

Do viscograma obtido pode ser determinada a temperatura de empastamento, definida por MEDCALF & GILLES<sup>21</sup> como a temperatura na qual o acréscimo inicial de viscosidade atinge 10 unidades Brabender. RASPER<sup>25</sup> cita que o amido já foi gelatinizado quando a temperatura de empastamento é atingida.

Além da viscosidade, a opacidade ou transparência de uma pasta de amido é uma das características mais importantes<sup>33</sup>, pois em certos alimentos o amido usado deve formar pastas transparentes, como por exemplos em cobertura de confeitos; em outros tipos de alimentos, como o amido usado em sobremesas pré-preparadas, é desejado uma pasta opaca. A opacidade é causada pela associação de moléculas de amilose através de pontes de hidrogênio, a retrogradação. Amidos de batata e mandioca possuem amiloses de maior peso molecular que a de milho com mais pontos de ramificação que previnem a formação de pontes de hidrogênio<sup>12</sup>. O quadro 3 mostra a influência da origem botânica do amido no comportamento do gel resfriado.

## QUADRO n. 3

FONTE DE AMIDO	TEOR DE AMILOSE (%)	TIPO DE GEL
milho ceroso	0	Não rígido
mandioca	18	Claro, não rígido
batata	23	Claro, não rígido
milho	28	Opaco, rígido

Segundo HECKMAN<sup>1,2</sup>

Além das propriedades de pasta, a hidrólise é fator importante para a utilização industrial é digestiva do amido granular, destacando-se a hidrólise enzimática. Dentre as enzimas amilolíticas destacam-se a  $\alpha$ -amilases, que são encontradas na maioria dos organismos vivos. Estas enzimas têm a capacidade de digerir o amido granular dependendo de seu tipo e da fonte da enzima<sup>2,2</sup>. SANDSTEDT et alii<sup>2,9</sup>, estudando a ação de  $\alpha$ -amilases sobre amido granular, observaram que o proveniente do sistema pancreático foi a mais efetiva, seguida pela do malte, bactéria e fungo, sendo esta última cerca de vinte vezes menos efetiva que a primeira.

Devido à pouca absorção de água pelo amido granular, a enzima atua lentamente<sup>2,9</sup>, embora à medida que ocorra a gelatinização o ataque enzimático aumenta de intensidade, podendo inclusive ser usado para determinar o grau de gelatinização<sup>3,1</sup>.

LEACH & SCHOCH<sup>1,5</sup>, estudando o efeito da ação de várias amilase sobre o amido granular, sugerem que os grânulos suscetíveis à enzima apresentam estrutura porosa de tamanho suficiente para admitir a enzima em seu interior e que os poros seriam característicos da espécie do amido, concluindo que a suscetibilidade enzimática dos amidos não é influenciada por considerações físico-químicas de estrutura micelar, associação molecular interna, tipo de cristalinidade e tamanho dos grânulos, embora DELPEUCH & FAVIER<sup>6</sup> e RASPER<sup>2,6</sup> tenham observado que, em amidos de inhames, grânulos pequenos e com baixo teor de amilase são mais facilmente hidrolisáveis pela  $\alpha$ -amilase.

GIACOMETTO<sup>8</sup> observou que na temperatura ambiente não houve atuação da  $\alpha$ -amilase de origem bacteriana sobre amidos de cará-de-rama, mandioca e milho. No entanto, embora usada em concentração menor, a enzima causou uma redução, na viscosidade da pasta a quente, 95°C, de cerca de 72% para o amido de cará-de-rama, 74% para o amido de milho e 93% para pasta de amido de mandioca. RASPER<sup>2,6</sup> relata que a elevada suscetibilidade do amido de mandioca é explicada pela sua baixa tempe-

ratura de empastamento, pois seus grânulos se expandem livremente e formam pastas a temperatura mais baixas quando comparados a outros amidos e uma degradação mais progressiva das moléculas de amido é facilitada.

PASCHALL & ARONS<sup>2,3</sup> descreve que para a utilização em muitos alimentos o uso de amido granular é muito valioso, apresentando aplicação em panificação, confeitaria, confecção de gomas, sopas enlatadas e outras. Listam ainda os requisitos funcionais desejados para a maioria dos empessantes de alimentos, relatando que os amidos mais utilizados, como batata, mandioca e milho, apresentam poucos destes requisitos, que no entanto podem ter a funcionalidade desejada através de suas modificações com tratamentos químicos.

## 3 - PERSPECTIVAS

O uso de amido como material estrutural e agente hidrofílico, proporcionando um controle sob a forma, textura e tempo de prateleira de alimentos processados, é de fundamental importância no Brasil que, por ser um país tropical, produz muitos tubérculos, raízes, cereais e frutos ricos em amido.

Embora o avanço tecnológico necessite de amidos em funções cada vez mais específicas, que em grande parte podem ser conseguidas através da modificação química de suas estruturas, limitações industriais brasileiras e a abundância de fontes de amidos proporcionam a perspectiva de pesquisas com o amido granular como:

- a caracterização do amido de novas fontes;
- a utilização de amidos de fontes diferentes em formulações alimentícias, acompanhados através de avaliação sensorial;
- a utilização de amidos como diluente de farinhas onde não seja necessário o uso de uma farinha forte;
- combinação de diferentes tipos de amidos em diferentes proporções para se obter pastas com viscosidade e claridade desejadas;
- otimizar as condições de hidrólise enzimática dos diferentes tipos de amidos, buscando as melhores situações como a relação enzima-substrato, tempo e temperatura, visando maior rendimento na hidrólise;
- alterações genética de vegetais ricos em amido com o objetivo de se obter pastas de maior especificidade sob as diferentes condições de processamento e armazenamento dos alimentos;
- investigação da estrutura fina do amido e a distribuição do peso molecular de seus componentes, pois essas propriedades moleculares são importantes na determinação da funcionalidade desses amidos.

## ABSTRACT

*Some physical and chemical features of natural starch granules and rheological behavior of their pastes are discussed in order to illustrate the present state of art and to suggest further research.*

**KEY WORDS:** *Starch, Starch granules, Starch pastes, Rheological properties.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANKS, W.; GREENWOOD, C. T.; MUIR, D. D. The structure of starch. In: BIRCH, G. G. & GREEN, L. F. ed. *Molecular structure and function of food carbohydrate*. London, Applied Science Publishers LTD. 1973.
2. BERK, Z. *Braverman's Introduction to the Biochemistry of Foods*. Amsterdam, Elsevier, 1976. 315p.
3. BILIADERIS, C. G. GRANT, D. R.; VOSE, J. R. Molecular weight distributions of legume starches by gel chromatography. *Cereal Chem.*, St. Paul, 56 (5) : 475-80, 1979.
4. CIACCO, C. F. & CRUZ, R. *Fabricação do amido e sua utilização*. São Paulo, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152p. (Série Tecnologia Agroindustrial, 07).
5. CLAUS, E. P. & TYLER, V. E. Jr. Polysaccharides and polysaccharide - containing drugs. In: PHARMACOGNOSY. 5 ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1967. p. 66-73.
6. DELPEUCH, F. & FAVIER, J. C. Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales: action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. *Ann. Technol. Agric.*, Versailles, 29 (1) : 53-67, 1980.
7. DELPEUCH, F.; FAVIER, J. C.; CHARBONNIERE, R. Etude de quelques propriétés physico-chimiques de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Cameroun. *Cah. de l'onarest* 2 (3) : 53-82, 1979.
8. GIACOMETTO, A. P. *Amido de cará-de-rama (Dioscorea bulbifera, L.) : propriedades dos grânulos e das pastas*. Londrina, 1984. 61p. (Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Estadual de Londrina).
9. GOERING, K. J. & BRELSFORD, D. L. Barley starch. II - Some properties of barley starch. *Cereal Chem.*, St. Paul, 42 : 15-24, 1965.
10. GREENWOOD, C. T. Aspects of the physical chemistry of starch. *Adv. Carbohydr. Chem.*, New York, 11 : 342, 1956.
11. GRISWOLD, R. M. *Estudo Experimental dos Alimentos*. São Paulo, Edgard Blücher, 1972. 469p.
12. HECKAMN, E. Starch and its modifications for food industry. In: GRAHAM, H. D., ed. *Food Colloids*. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company Inc., 1977. p. 464-99.
13. HODGE, J. E. & OSMAN, E. M. Carbohydrates. In: FENNEMA, O. R. ed. *Principles of food science. Part I: Food chemistry*. New York, Marcel Dekker, 1976. p. 41-138.
14. KITE, F. E.; MAYWALD, E. C.; SCHOCH, T. J. Funktionelle Eigenschaften von Lebensmittelstärken. *Starch/Stärke*, Weinheim, 15 : 131-8, 1963.
15. LEACH, H. W. & SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. II - Action of various amylases on granular starches. *Cereal Chem.*, St. Paulo, 38 (1): 34-46, 1961.
16. LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. I - Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, St. Paul, 36 (11): 534-44, 1959.
17. LII, C. Y. & CHANG, S. M. Studies on the starches in Taiwan. I - Sweet potato, cassava, yam and arrowroot starches. *Proc. Natl. Sci. Council, Repub. China*, Taipei, 2(4) : 416-23, 1978.
18. LII, C. Y.; CHANG, S. M.; YOUNG, Y. A. Investigation of the physical and chemical properties of banana starches. *J. Food Sci.*, Chicago, 47(5) : 1493-7, 1982.
19. MARTIN, F. W. Composition, nutritional value and toxic substances of the tropical yams. In: INGLET, G. E. ed. *Tropical foods: chemistry and nutrition*. New York, Academic Press, 1979. v. 1, p. 249-63.
20. MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chem.*, St. Paul, 34(3) : 141-52, 1957.
21. MEDCALF, D. G. & GILLES, K.A. Wheat starches. I - Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, St. Paul, 42: 558-68, 1965.
22. OSMAN, E. M. Starch in food industry. In: WHISTLER, R. L. & PACHALL, E. L., eds. *Starch chemistry and technology*. New York, Academic Press, 1967.
23. PASCHALL, E. F. & ARONS, H. L. *Functional behavior of carbohydrates in foods*. In: SYMPOSIUM ON FATS AND CARBOHYDRATES IN PROCESSED FOODS. Chicago, 1973.
24. POMERANZ, Y. & MELOAN, C. E. *Food analysis: theory & practice*. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company Inc., 1978 p. 598.
25. RASPER, V. Investigations on starches from major starches crops grown in Ghana. I - Hot paste viscosity and gel-forming power. *J. Sci. Fd. Agric.*, London, 20(3) : 165-71, 1969<sup>a</sup>.
26. ----. Investigations on starches from major starches crops grown in Thana. II - Swelling and solubility patterns: amuloclastic susceptibility. *J. Sci. F. Agric.*, London, 20(11) 642-6, 1969<sup>b</sup>.
27. ROSENTHAL, F. R. T.; NAKAMURA, T.; ESPINDOLA, A. M. C.; JOCHINEK, M. R. Structure of starch granules. Part 3. Some considerations on *Leguminosae* and *Tuberosae*. *Starch/Stärke*, Weinheim, 26(2) : 50-6, 1974.
28. SANDERSON, G. R. Polysaccharides in foods. *Food Technol.* Chicago, 35(7) : 50-7, 83, 1981.
29. SANDSTED, R.M. & GATES, R. L. Raw starch digestion: a comparison of the amylose systems from four  $\alpha$ -amylases sources. *Food Res.*, Chicago, 19(2): 190-9, 1954.
30. SCHOCH, T. J. & MAYWALD, E. C. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, St. Paul, 45(11) : 564-73, 1968.
31. SULLIVAN, J. W. & JOHNSON, J. A. Measurement of starch gelatinization by enzyme susceptibility. *Cereal Chem.* St. Paulo, 41(2) : 73-9, 1964.
32. WOSIACKI, G. & CEREDA, M. P. Characterization of pinhão starch. I - Extration and properties of the granules. *Starch/Stärke*, Weinheim, 37(7):224-7, 1985.
33. ZIEMBA, J. V. Food starches. *Food Eng.*, New York, 37 (10) : 71 - 9, 1965.