

PROCESSO DE GELIFICAÇÃO EM ALIMENTOS

AG.BRAGANTE - ©2009

INTRODUÇÃO

Macromoléculas ou biopolímeros quando em suspensão aquosa formam colóides de maior ou menor fluidez dependendo da concentração das macromoléculas bem como da natureza das mesmas. Esses colóides, tanto nas células vivas como nos alimentos poderão se transformar em géis de maior rigidez e de grande importância para as propriedades funcionais desses sistemas. Como exemplo, o enrijecimento que ocorre durante o aquecimento dos amidos e farinhas, a alteração que ocorre na consistência dos ovos durante o seu aquecimento são fenômenos de gelificação. A gelificação é um fenômeno interessante porque os géis, embora sejam rijos, às vezes a concentrações de soluto muito baixas, as propriedades dos solventes permanecem praticamente inalteradas. A formação de gel ocorre em diferentes concentrações para diferentes proteínas. A gelatina forma gel em água somente a uma concentração de 1%. Muitos géis quando submetido a um repouso prolongado manifesta perda de solvente e contração ocorrendo um processo conhecido como *sinérese*.

A gelificação é uma propriedade funcional muito importante de algumas proteínas. Ela envolve a preparação de numerosos alimentos, como, produtos lácteos, clara de ovo coagulada, géis de gelatina, vários produtos cárneos, géis de proteína de soja, proteínas vegetais texturizadas por extrusão, e produtos panificados. A gelificação não é só utilizada para formar géis sólidos viscoelásticos, mas sim, também, para melhorar a absorção da água, efeitos espessantes, fixação de partículas, e estabilizar emulsões e espumas. Existem vários gelificantes, como a lecitina, carragenos, porém os que nos destacaremos serão as pectinas e amido. As pectinas são substâncias coloidais de cadeias de ácido D-galacturônico unidos por ligações glicosídicas a (1-4). Pode ser de dois tipos de acordo com o teor de metoxilas ATM e BTM, sendo que estas formam géis frágeis, necessitando a adição de cálcio e as ATM formam géis mais estáveis e num pH menor. O amido é constituída de cadeias de α -D-glicose. Ele pode ser dividido em duas categorias, amilose e amilopectina, sendo que as cadeias destas são ramificadas e da amilose retas. Além disto, a amilose forma géis firmes após o resfriamento e tem grande tendência a precipitar, enquanto que a amilopectina apresenta gelificação lenta ou inexistente, precipitação lenta, e textura gomosa e coesiva. O amido não é doce, não é solúvel em água fria, forma gel em água quente, tem um custo baixo, grande disponibilidade e facilidade de armazenamento e manipulação. Ele constitui 70 a 80% das calorias ingeridas na dieta humana. Os fatores que influenciam a gelificação são: · Concentração do gelificante · Temperatura · Açúcar · pH · Armazenamento.

HISTÓRICO

Em 1924, o químico francês Braconnot, analisou a batata e percebeu a precipitação de uma substância com adição de ácido. Ele, então, reconheceu que o precipitado gelatinoso era uma substância básica das geléias de fruta, e a nomeou com a palavra grega pectys, que significa geléia. Esta substância era o ácido pectínico. Após alguns anos foi descoberta a protopectina (substância insolúvel em água presente na parede celular das frutas) que poderia ser extraída a pectina por hidrólise ácida.

APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA

1. Produtos lácteos; 2. Clara de ovo coagulada; 3. Géis de gelatina; 4. Geléias, polpa de fruta; 5. Produtos cárneos; 6. Produtos panificados; 7. Espuma da cerveja; 8. Outros.

CONCEITO DE GÉIS

Géis são substâncias semi-rígidas e elásticas formadas por soluções coloidais ou sóis. A gelificação da pectina é determinada pela adição do açúcar na presença de ácidos, ou, pela ação de álcool ou glicerina que atuam como desidratantes. Os grânulos de amido formam uma suspensão na água fria, mas não se dissolvem. Quando a suspensão de amido é aquecida à sua temperatura característica, os grânulos repentinamente se dilatam. A isto chamamos de gelatinização, sendo que no amido de milho esta temperatura é de 64 a 72 °C.

Formação de Géis

A formação do gel ocorre somente dentro de um limite de hidrogenação e de acidez ótimo. A firmeza do gel cai lentamente ao decrescer ou aumentar rapidamente o valor do pH. Acima do pH 3,5 não há nenhuma formação de gel, e esta só ocorre dentro de um limite normal de sólidos solúveis. A concentração ótima de açúcar está situada ao redor de 67,5%, mas há a possibilidade de se formar géis com quantidades elevadas de ácido e pectina, com menos de 60% de açúcar. Concentrações elevadas de açúcar resultam em géis de consistência pegajosa. A quantidade de pectina necessária para a formação de géis depende, em grande parte, da sua qualidade. Uma quantidade de 1% é suficiente para produzir um gel consistente. Baseado nos estudos de Von Fellenberg, Ehrlich demonstrou que o ácido galacturônico é a base da pectina. Na sua forma mais simples o ácido galacturônico se deriva da galactosa. Ao ácido galacturônico se agregam os grupos ester (metoxilas), e o ester do ácido galacturônico, com seus arabans, forma a molécula grande de pectina, encontrada nos tecidos vegetais da fruta.

Como muitas moléculas de cadeia longa, a pectina é de baixa estabilidade. O meio alcalino destrói a pectina em baixas temperaturas, enquanto o meio ácido, o faz somente sob influência de calor. Altas temperaturas, sem a intervenção de outro reagente, partem a molécula de pectina, o que invariavelmente reduz sua

capacidade gelificante. Isto explica porque o estabilizante anidrido sulfuroso conserva melhor as propriedades gelificantes da pectina do que o benzoato de sódio. O anidrido sulfuroso, em concentração usual, não afeta a pectina, e o benzoato de sódio libera hidróxido de sódio, o que a destrói. Durante a maturação das frutas, os fermentos e as enzimas transformam pectona em pectina, e em seguida, em ácido pectínico e péctico. De todas essas substâncias, somente a pectina tem propriedade gelificante, então, uma fruta amadurecida já não é mais útil para a extração da pectina.

O fenômeno da formação de gel é muito complexo e normalmente se processa com o resfriamento da solução coloidal. Verifica-se um aumento de viscosidade até o ponto em que a rigidez se manifesta. Esse ponto é chamado “ponto de gel”. Muitas vezes a rigidez pode ainda aumentar mediante um maior esfriamento ou pelo repouso.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

O amido tem a fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$, e é encontrado em grande quantidade de plantas. Forma-se como produto da atividade celular dos órgãos verdes dos vegetais clorofilados e serve como reserva alimentar. Existem principalmente nas raízes, rizomas, tubérculos e bulbos de um grande número de plantas. A pectina tem a fórmula $(C_6H_4O_6)_n$, variando de acordo com o grau de esterificação. Forma-se a partir do amadurecimento das frutas transformando-se de protopectina à pectina. Existe principalmente nas frutas cítricas.

TIPOS DE GELIFICANTES

Existem vários gelificantes, além da pectina e amido, entre os quais se destacam:

- 1. Lecitina:** A lecitina é um fosfolípídeo extraído do óleo de soja e da gema do ovo. Ele é um emulsificante óleo em água, utilizado em biscoitos e maionese. Ele hidrolisa os grupos ésteres de gliceroproteínas.
- 2. Carragenos:** Os carragenos são extraídos de algas (*Chondrus crispus*) é uma mescla de 5 polímeros sulfatados. As propriedades dependem dos cátions destes polímeros. Se o cátion for o potássio formam-se géis firmes, e se for o sódio não se forma gel. Este gel se estabiliza num pH de 5,0 a 7,0.
- 3. Alginatos:** Os alginatos são extraídos de algas pardas da classe Feofíceas. Ele é muito solúvel em água e forma soluções viscosas com propriedades que dependem do peso molecular, dos componentes e dos íons que constituem o alginato. A viscosidade da solução diminui com o aumento da temperatura, forma gel estável no pH de 5,0 a 10,0. O cálcio também estabiliza o gel. É utilizado em cerveja para estabilizar a espuma, entre outros.
- 4. Ágar:** Ele é extraído das algas vermelhas. É uma mescla de polímeros formados por cadeias lineares, em que se alternam galactoses e 3,6-anidrogactoses. O ágar é um gelificante em pastelaria e alguns produtos lácteos.
- 5. Xantano:** O xantano é o mais importante polissacarídeo microbiano. É sintetizado por fermentação aeróbica pela bactéria *Xantomonas campestris* no

cultivo em glicose, sendo insolúvel em solventes orgânico, e extraído por precipitação em álcool isopropílico. Sua utilização em eletrólitos aumenta a viscosidade com pouca variação com a temperatura, caráter pseudoplástico.

PECTINA

A pectina purificada foi primeiramente extraída do bagaço de maçãs e, mais tarde das frutas cítricas (extração mais comum atualmente). A sua qualidade está associadas a capacidade de reter açúcar. Algumas frutas como maçãs ácidas, limões, framboesas e laranjas ácidas possuem uma quantidade maior de pectina na fruta, logo precisam de pouca adição deste. No entanto, convém lembrar que as substâncias pécticas totais e a acidez diminuem à medida que a fruta amadurece. As substâncias pécticas ou pectinas se encontram em tecidos de muitas plantas, pertencem às hemiceluloses e se classificam como colóides reversíveis. A parte interior da parede da célula que recobre o protoplasma é de celulose pura, que se transforma gradualmente em hemicelulose até que a parte exterior da parede consista em hemicelulose pura, ou seja, à medida que ocorre a maturação das frutas, a protopectina se transforma em pectina solúvel, ocorrendo o amolecimento das frutas.

As substâncias pécticas são constituídas de cadeias de ácido D-galacturônico por ligações glicosídicas a (1-4). O químico suíço Von Felleberg demonstrou que o ácido pectínico forma através de seus grupos éster (grupo metoxila, CH₃O) um componente importante da molécula de pectina, o que determina que o conteúdo de metoxilas seja crítico para facilitar a formação de géis. A pectina é extraída da casca das frutas cítricas e da maçã por hidrólise ácida à quente seguida de precipitação alcoólica ou alcalina. Ela é submetida a seguir à purificação, secagem, moagem e homogeneização. O controle das fases do processo de extração permite a obtenção da pectina sob duas formas:

pectinas de alto teor de metoxilas (ATM), com grau de esterificação maior que 50%;
pectinas de baixo teor de metoxilas (BTM), com grau de esterificação menor que 50%.

A pectina ATM forma géis com conteúdo de sólidos solúveis acima de 55% e pH de 2,0 a 3,5. Este gel se estabiliza por interações hidrofóbicas do grupo éster metílico e por formação de pontes de hidrogênio intermoleculares. O pH ácido provoca a protonação dos grupos carboxílicos, diminui a repulsão eletrostática entre as cadeias e aumenta a formação de pontes de H. A adição de um sólido solúvel (como a sacarose) diminui a atividade de água, diminuindo a disponibilidade de água livre para solvatar o polissacarídeo, aumentando as interações hidrofóbicas entre os grupos éster metílicos. O gel ATM pode ser utilizado em geléias, pedaços ou poupa de fruta, iogurte líquido, sucos concentrados, bebidas lácteas acidificadas, sorvetes de frutas, entre outros. A pectina BTM pode ser utilizada em geléias de baixo teor de sólidos (15 - 60%), geléias dietéticas, iogurtes, doces de leite, entre outros. Para a formação de géis a pectina BTM necessita de sais de cálcio solúveis que podem estar presentes nas frutas, no leite ou podem ser adicionadas como soluções diluídas de fosfato, cloreto ou lactato de cálcio. O gel de pectina BTM se estabiliza por interações entre os grupos carboxílicos e íons divalentes (Cálcio). Esta pectina não necessita de açúcar para geleificar, porém a adição de 10 a 20% melhora a textura do gel, tornando mais elástico e menos frágil.

Extração da Pectina

A pectina pode ser extraída da casca da maçã ou das frutas cítricas. A fruta utilizada varia de país para país, conforme sua produção local. A partir da maçã, a extração da pectina não necessita de reagentes, resultando em moléculas em perfeito estado, o que não ocorre com a pectina extraída de frutas cítricas, que passa por um processo químico para a retirada do gosto amargo que apresenta, tendo os arabans destruídos quase que por completo.

A pectina proveniente da maçã possui cerca de 1/3 de sua estrutura em arabans, enquanto que a proveniente dos cítricos, não possui praticamente nada. Por isso, as geléias cítricas são normalmente mais duras.

A qualidade uniforme e consistência estável da pectina fabricada variam com a diversidade das frutas, o conteúdo da substância, o grau de maturação e as condições do seu cultivo. O processo de fabricação ocorre de acordo com a natureza da matéria prima, o fruto ou resíduos prensados são fervidos em água com ácidos diluídos, frequentemente sob baixas pressões. O material é então novamente fervido, prensado e descolorido, e finalmente concentrado em tanques à vácuo. O produto final é um extrato de sabor neutro que contém cerca de 3 a 5% de pectina. Também se fabrica a pectina em pó, pela precipitação do extrato líquido, que é seco e moído. Algumas indústrias produzem a pectina como subproduto, o que é economicamente viável quando se dispões de material desperdiçado em grande escala, por exemplo, resíduos de frutas prensadas, ou frutas caídas da árvore. Os resíduos de prensados podem ser utilizados frescos ou conservados em SO₂. A figura 1 ilustra um fluxograma de extração de pectina de cascas de frutas cítricas.

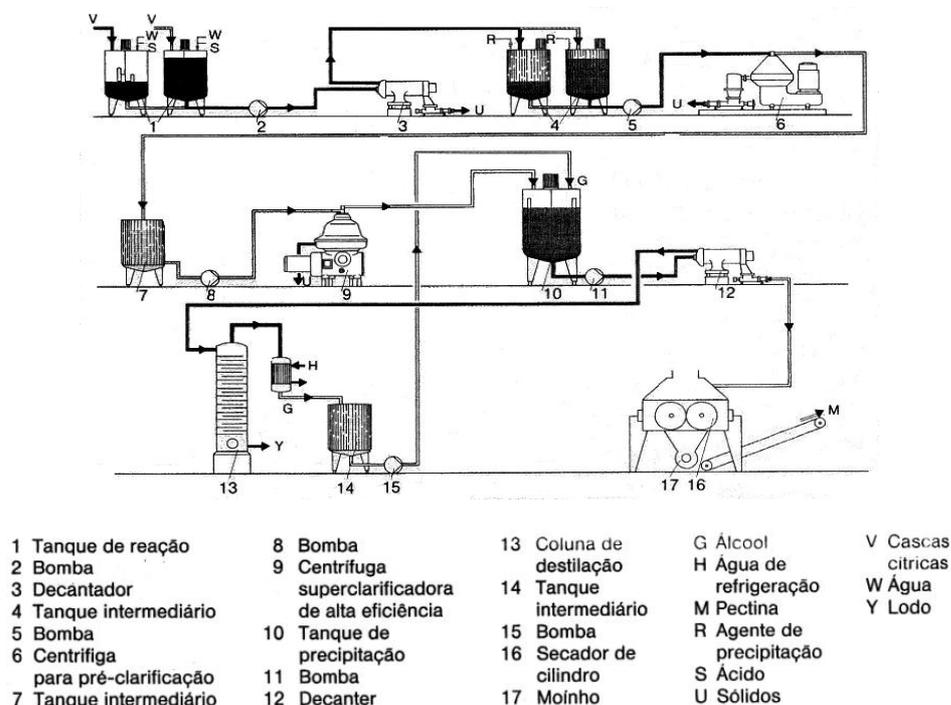


Figura 1: Fluxograma da extração de pectina de cascas cítricas

A extração de pectina de alto poder de gelificação (grau de esterificação acima de 70%) é feita por exemplo com um pH de 2,5 e uma temperatura de ebulição (100°C) por um período de tempo de 45 minutos. Pectina de baixo ou médio poder de gelificação (grau de esterificação de 60 a 70%) são extraídas durante um período de tempo mais longo e a temperaturas mais baixas (entre 60 a 65°C), durante 4 horas, uma vez que com a redução da temperatura, a reação de saponificação transcorre com mais rapidez do que a de despolimerização. A extração fornece um extrato bruto com 0,3 até 1% de pectina.

Emprego da Pectina

Para a gelificação de algumas frutas o emprego de pectina não é necessário, já para outras a quantidade de pectina adicionada depende de fatores como a qualidade e quantidade da pectina contida na própria fruta, e do conteúdo de sólidos solúveis requerido no produto final. As maçãs, groselhas, uvas, limões e limas são exemplos de frutas que contêm alto teor de pectina, e as cerejas, figos, melões, peras e pinhas são os que contêm baixo teor.

Porcentual médio de Pectinas em algumas frutas

FRUTA	CONTEÚDO EM PECTINA % MÉDIO
Uva	0,81
Maça	0,75
Amora	0,59
Groselha Vermelha	0,58

Para se fabricar geléia de frutas cítricas é necessário ajustar o conteúdo de pectina conforme exigências do comércio, corrigindo a deficiência natural com a adição de pectina comercial. A adição de pectina num produto não causa objeção, por ser uma substância natural das frutas, diferentemente do caso da adição de açúcar. Outra característica favorável da pectina é o seu valor dietético e nutritivo, além de estimular a saliva e ajudar aos movimentos peristálticos do intestino.

AMIDO

Algumas células das plantas contêm leucoplastos aonde o amido se depõe formando grânulos. No seu preparo, a partir de cereais, o endosperma é primeiramente separado da casca ou farelo e do germe, e então, o amido é separado de outros componentes, como a proteína. O amido é constituída de cadeias de α -D-glicose. Ele pode ser dividido em duas categorias, amilose e amilopectina, sendo que as cadeias destas são ramificadas e da amilose retas. Além disto, a amilose forma géis firmes após o resfriamento e tem grande tendência a precipitar, enquanto que a amilopectina apresenta gelificação lenta ou inexistente, precipitação lenta, e textura gomosa e coesiva. As fontes mais comuns de amido são cereais e raízes, como o arroz, milho, trigo, batata e mandioca. Ele representa de 60 a 75% dos pesos dos grãos, sendo reserva energética nas plantas. O amido não é doce, não é solúvel em água fria, e representa de 70 a 80% das calorias ingeridas na dieta

humana. Eles apresentam baixo custo, grande disponibilidade e facilidade de armazenamento e manipulação.

O amido é solúvel em álcool, éter, óleos graxos e essenciais. Tratado com ácido nítrico se converte em amido solúvel. A hidrólise do amido é uma importante reação industrial, a qual é realizada por ácidos, enzimas, ou ambos. O amido é hidrolizado enzimaticamente pela α -amilase, dando uma mistura de D-glicose, maltose e um limite de dextrina é obtido pela amilopectina. Esta enzima ocasiona a clivagem da ligação glicosídea $\alpha(1-4)$. Apesar da ação catalítica do ácido na hidrólise do amido ser muito estudada, pouco se sabe da reação desses polímeros com solução alcalina. A reação de degradação do amido em solução alcalina se precede mais vagarosamente que a reação em meio ácido e produz derivados de ácidos isosacarídeos como produto antes de D-glicose. O amido dá uma coloração azul característica com o iodo. Esta cor é devido a amilose, a qual forma um complexo helicoidal com o iodo dentro da hélice. A amilopectina também forma um complexo, porém sua cor é púrpura para marrom, dependendo da fonte da amilopectina. Esta cor é geralmente obscura na presença do azul referente à amilose. Esta coloração azul característica é usada para testes qualitativos e quantitativos do amido em vários sistemas.

FATORES QUE INFLUENCIAM A GELIFICAÇÃO

1. *Quantidades e espécies de amido e pectina:* Existem dois tipos de amido, a amilose e a amilopectina. Dependendo da concentração destes será formado um gel firme com grande capacidade de retrogradar (amilose) ou um gel de difícil formação, com textura gomosa e coesiva (amilopectina). Certos tipos de alimentos possuem maior quantidade de amido, como é o caso do trigo, formando um gel mais resistente e viscoso. A pectina ATM forma géis mais consistentes e elásticos, enquanto que a BTM forma géis mais quebradiços e frágeis.
2. *Efeito da temperatura:* Os amidos usados com mais frequência devem ser cozidos pelo menos a 90°C , temperatura acima da qual a gelatinização acontece e as mudanças na translucidez ocorrem. Com a elevação da concentração do amido podem-se obter géis mais firmes a temperaturas mais baixas, como por exemplo. no amido de trigo, na concentração de 5% deve ser cozido a 95°C , a 10% deve ser preparado a 80°C , e na concentração de 50% a 55°C . As pectinas têm pouca influência com a temperatura, variando mais com o conteúdo de sólidos e pH. Por exemplo, pode-se formar gel até 100°C se tivermos pH de 2,0 a 3,5, e sacarose de 60 a 65%. Por outro lado se uma dispersão em água quente de 0,3 a 0,4% de pectina é esfriada até a temperatura ambiente não se forma gel.
3. *Efeito do açúcar:* O efeito do açúcar sobre a gelatinização do amido refere-se ao uso em pudins e recheios para tortas preparadas com amido. Com o aumento da quantidade de açúcar produziram-se géis mais transparentes e macios, até que níveis muito elevados de açúcar resultavam na formação de um xarope, em vez de gel. A ação do açúcar deve-se ao fato dele inibir a hidratação dos grânulos de amido, competindo assim pela água presente. A adição de um sólido solúvel nas pectinas, como a sacarose, diminui a atividade de água, diminuindo a quantidade de água livre disponível para

solvatar o polissacarídeo, aumentando as interações hidrofóbicas entre os grupos éster metílicos.

4. *Efeito do ácido:* Quando o ácido é utilizado, nem sempre o produto se torna espesso ou se gelatiniza apropriadamente. Podem-se formar também géis mais macios pela redução do tamanho dos grânulos de amido. O pH ácido nas pectinas provoca a protonação dos grupos carboxílicos, diminuindo a repulsão eletrostática entre as cadeias e aumentando a formação das pontes de hidrogênio.
5. *Efeito do armazenamento:* À medida que o material matura, o amido se torna menos solúvel, pois ele se reverte na sua insolubilidade inicial em água fria. Antes da precipitação do amido, a solução se torna mais opalescente, mais turva, mais resistente à ação enzimática e menos viscosa do que quando recém formada. A precipitação se dá devido a agregação das moléculas lineares, com um fortalecimento das ligações entre elas, numa tentativa de cristalização.

PROCESSOS DE GELIFICAÇÃO

A maioria das geléias e pastas de frutas é conservada pelo seu conteúdo em açúcar que é elevado o bastante para evitar o crescimento de microorganismos exceto fungos na sua superfície. Evita-se o mofo dos fungos lacrando-se o produto com parafina ou tampa apropriada. Os produtos comerciais são, geralmente, protegidos por tampas fechadas a vácuo, podendo ser pasteurizadas depois do enchimento de seus vasilhames. A geléia comum segundo a ABIA possui 38% de umidade p/p, 62% de sólidos solúveis e 2% de pectina. Para verificar a qualidade da geléia poderíamos fazer os testes de refração, pH, e umidade, devendo apresentar os resultados acima.

Fabricação da Gelatina

Consiste na transformação do colágeno insolúvel em gelatina solúvel. Os procedimentos ácido ou básico devem romper as ligações intermoleculares da estrutura (tripla hélice). A fabricação e a série de etapas depende da matéria prima e do tipo de gelatina fabricada. As peles são tratadas diretamente na fábrica de gelatina, onde são cortadas e lavadas. Os ossos são previamente higienizados, lavados em água quente para a retirada de resíduos de carne. O osso possui a porção mineral fosfato de cálcio, que é precipitado em fosfato bicálcico por tratamento com ácido clorídrico. Que é então escorrido, seco e comercializado para a fabricação de ração. A porção orgânica colágeno, insolúvel em ácido, é conservada (flexível), a oseína é o colágeno do osso de onde se extrai a gelatina. São dois os procedimentos para se transformar o colágeno em gelatina:

Alcalino: a oseína ou cortes de pele são submergidos em solução básica durante várias semanas, à temperatura ambiente.

Ácido: a oseína ou pele são banhados com solução ácida durante um dia em temperatura ambiente. A extração ocorre por cozimento, em que a água quente provoca a hidrólise do colágeno formando uma solução de gelatina, chamada Caldo. O Caldo é filtrado cuidadosamente para eliminar as impurezas da suspensão.

O tratamento resulta em gelatina límpida. Essa solução de gelatina é então concentrada a 30-40% em evaporadores a vácuo. A solução concentrada é esterilizada a 140°C e depois resfriada. Então passa pelo processo de extrusão, que forma cintas expandidas sobre a lona do Secador. As diferentes extrações são moídas até a granulometria desejada para o produto final.

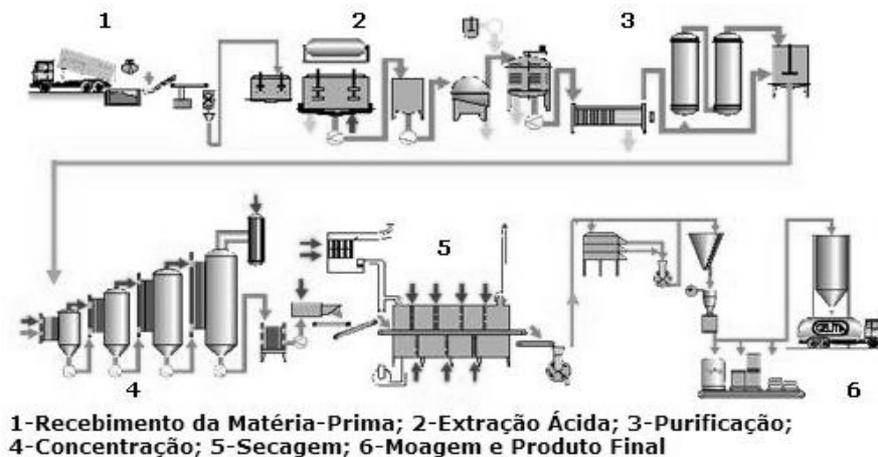


Figura 2: Fluxograma da fabricação de gelatina

Produto Panificável

A formação de massa visco-elástica (panificável) envolvendo proteínas e também outros constituintes do alimento é muito importante e indispensável no processo de fabricação de pães. No processo de formação da massa panificável participam algumas proteínas, amido e certos tipos de lipídios.

No processo de panificação as etapas fundamentais são:

1. Formulação;
2. Batedura;
3. Fermentação;
4. Cozimento.

Os ingredientes adicionados na formulação (farinha, gordura, açúcar, fermento, aditivos) são importantes para que aconteçam os fenômenos característicos das etapas posteriores. Na batedura a água entra em contato com todos os componentes polares de natureza diversas. É nesta fase que deverá ocorrer a estratificação entre lipídios e as proteínas do glúten. Na fermentação parte dos açúcares adicionados e o produzido pela própria β -amilase do trigo sofrerá fermentação pela ação de enzimas do fermento, com produção de CO_2 . O gás produzido exerce pressão sobre a massa provocando seu aumento de volume que determinará a textura do pão.

O cozimento que feito em fornos provoca a desnaturação das proteínas que contribui para manter estável o volume do pão e paralisar as reações bioquímicas. A desnaturação térmica das proteínas do glúten se dá entre 70-90°C.

Os lipídios da farinha e a gordura adicionada na formulação são extremamente importantes na formação da massa panificável.

De todas as proteínas de origem vegetal as que mais se prestam à formação de massa visco-elástica e, portanto, à panificação são as do trigo, particularmente as do glúten de trigo.

CONCLUSÃO

A gelificação não é só utilizada para formar géis sólidos viscoelásticos, mas sim, também, para melhorar a absorção da água, efeitos espessantes, fixação de partículas, e estabilizar emulsões e espumas. Existem diversos gelificantes, e não só o amido e a pectina. Eles também dependem de vários fatores como temperatura, armazenamento, e não só da adição de açúcar e gelificantes.

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

- BOBBIO, P.A., BOBBIO, F.O.**, Química do Processo de Alimentos, Varela, SP., 1992.
- ARAÚJO, J.M.A.**, Química de Alimentos – Teoria e Prática, Ed.UFV, Viçosa, MG, 2006.
- BOTT, E.W., SCHOTTER, P.**, Centrífugas, Decaners e Linhas de Processo para a Indústria de Cítrus, Westfalia Separators, Germany, 1989.
- JACKIX, M.H.**, Doces, Geléias e Frutas em Caldas, Unicamp, Campinas, SP., 1988.
- ORDONEZ, J. A.** Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos, vol.1, Porto Alegre: Artmed, 2005.
- SGARBIERI, V.C.**, Proteínas em Alimentos Protéicos, ed. Varela, SP, 1996.
- HUI, Y.H., et al.**, Handbook of Food Science Technology, and Engineering, vol: 1 e 2, CRC Press, Boca Raton, 2006.
- FRANCO, C.M.L.**, et al, Propriedades Gerais do Amido, V-1, Fundação Cargil, 2002.
- FRIBERG, S.**, Food Emulsions, N.Y., Marcel Deckker Inc., USA, 1976.