

# COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE SOLUÇÕES MODELO DE GELÉIAS E DOCES EM MASSA *LIGHT*

## RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF LOW-CALORIE JELLIES AND MARMALADES MODEL SOLUTION

SÍLVIA CRISTINA S. R. DE MOURA<sup>(1)\*</sup>

FERNANDA Z. VISSOTTO<sup>(2)</sup>

MARIA EUGENIA M. DE ALMEIDA<sup>(3)</sup>

DJANE A. FEFIM<sup>(4)</sup>

### RESUMO

A mistura de géis tem atraído a atenção de um número crescente de pesquisadores devido à expectativa de maior flexibilidade em seus mecanismos e propriedades estruturais e reológicas em relação ao gel puro. O objetivo do estudo foi elaborar onze soluções modelo de doces em massa e geléias *light*, utilizando-se vários hidrocolóides e comparar suas características reológicas. Observou-se que a viscosidade diminuiu com o aumento da temperatura, ajustando-se ao modelo de Arrhenius. O modelo reológico que melhor se ajustou aos dados foi o de Herschel-Bulkley, com  $n < 1$ , fluido pseudo-plástico. Foi avaliada a variação da viscosidade com o tempo e a maior parte das soluções modelo apresentou comportamento tixotrópico.

**Palavras-Chaves:** Doces em Massa, Geléia, *Light*, Hidrocolóides, Reologia.

---

<sup>1</sup>Pesquisadora Científica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas (FRUTHOTEC - ITAL) Av. Brasil, 2880 CEP 13073-001 Campinas. SP, Brasil. Email: smoura@ital.sp.gov.br

<sup>2</sup>Pesquisadora Científica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Cereais e Chocolates (CEREAL CHOCOTEC - ITAL).

<sup>3</sup>Pesquisadora do Grupo de Engenharia e Pós-Colheita (GEPC – ITAL).

<sup>4</sup>Bolsista de Iniciação Científica PIBIC – CNPq, graduanda em Engenharia de Alimentos (FEA -UNICAMP).

## ABSTRACT

Gums mixtures has attracted the attention of a growing number of researchers due to the expectation of greater flexibility in its mechanisms and structural and rheological properties in relation to pure food gums. The study purpose was to perform eleven solution models of low-calorie marmalades and jellies using various hydrocolloids, and to compare their rheological characteristics. It was observed that viscosity decreased with increasing temperature, adjusting to Arrhenius model. The Herschel-Bulkley was the rheological model that best fit to data, with  $n < 1$ , pseudoplastic fluid. Change in viscosity with time was evaluated, and most of model solutions showed thixotropic behavior.

**Keywords:** Marmalade, Jellie, Low-Calorie, Hydrocolloids, Rheology.

## INTRODUÇÃO

A utilização de soluções modelo, que se aproximem às características dos produtos alimentícios vem sendo empregada em diversos trabalhos da área científica, por apresentar vantagens, principalmente em relação a fatores como: custos da aquisição da matéria-prima, necessidade de armazenamento adequado, facilidade de deterioração do produto alimentício, resultando em perdas das características físicas e reológicas do mesmo durante seu reprocessamento ou armazenamento (BERTO, 2004).

No desenvolvimento de alimentos mais sofisticados, aumentam cada vez mais as necessidades de se estudarem novos ingredientes, a fim de se obter um produto final com características aceitáveis. O grupo de ingredientes mais adequado para este propósito é o de gomas ou hidrocolóides, os quais são efetivos agentes ligantes e texturizantes, que proporcionam estrutura, funcionalidade e outras propriedades importantes para os alimentos industrializados, dentre estas a capacidade de formar gel (SOLER et al., 1998).

FISZMAN & DURÁN (1992) destacam que produtos doces geleificados são principalmente representados por geléias formuladas com pectinas de alto grau de metoxilação. No entanto, novos produtos de fruta com açúcar têm sido formulados com combinações de um ou mais polissacarídeos, com o objetivo de se conseguir a textura desejada, assim como outras características funcionais e sensoriais.

A geleificação é uma propriedade funcional muito importante de algumas proteínas. Ela envolve a preparação de numerosos alimentos, assim, não é só utilizada para formar géis sólidos viscoelásticos, mas também, para melhorar a absorção da água, efeitos espessantes, fixação de partículas, e estabilizar emulsões e espumas.

Dentre os hidrocolóides existentes podemos destacar: pectina, amido, goma agar-agar, goma carragena, goma xantana, goma tara e goma guar.

O objetivo do estudo foi a elaboração e caracterização de soluções modelo semelhantes a doce em massa e geléias, classificados como *light*, utilizando-se vários hidrocolóides e avaliar as características reológicas destas soluções.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

Os hidrocolóides utilizados foram os seguintes:

Goma carragena (KK ALPHAVISCO 8020) e agar-agar (KK ALPHAGAR), empresa Kienast & Kratschmer LTDA. (KRAKI); amido modificado (SNOW-FLAKE 6704) e a glicose (EXCELL 1040), empresa Corn Products Brasil; pectinas (8003, 8002, 105) e a xantana (KELTROL F), empresa CP Kelco; goma guar,

empresa Sweetmix Ltda; goma tara (Aglumix 01), empresa Vogler Ingredients.

As formulações das soluções modelo foram obtidas com 60% de água, 23% de glicose, 13,3% de sacarose, 0,2% de ácido

cítrico e 0,05% de sorbato de potássio. Foram utilizadas porcentagens de aplicação dos hidrocolóides sugeridas por cada fabricante. As porcentagens de aplicação encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição das soluções modelo (amostras).

Amostra	Hidrocolóide (%)
1	0,4 Pectina (8002) e 0,4 Pectina (8105)
2	0,4 Pectina (8003) e 0,1 Xantana (Keltrol F)
3	1 Pectina (8003)
4	1 Pectina (8003) e 0,5 Xantana (Keltrol F)
5	0,4 Pectina (8003) e 0,8 Amido modificado
6	0,5 Carragena e 0,5 Xantana (Keltrol F)
7	0,5 Agar-agar e 0,5 Xantana (Keltrol F)
8	1 Pectina (8003), 0,25 Carragena e 0,25 Xantana (Keltrol F)
9	1 Pectina (8003) e 0,8 Amido modificado
10	1 Goma guar
11	0,5 Goma tara e 0,5 Xantana (Keltrol F)

## MÉTODOS

As amostras foram preparadas em escala laboratorial, utilizando panela e fogo direto. Após o preparo os potes de vidros (267ml) foram cheios à quente (aproximadamente 85°C), segundo o fluxograma tradicional de processamento de geléias/doces em massa.

Quando utilizado pectina, esta foi misturada com sacarose na proporção 1:10 (p/p), antes de ser adicionada à mistura; o mesmo ocorreu com o amido modificado que foi previamente disperso em água à 25°C na proporção 1:10 (p/p) e, o agar e a carragena que foram dissolvidos em água à 70°C na proporção 1:10(p/p).

As seguintes avaliações físicas, químicas e reológicas foram realizadas: **pH**.

Determinado diretamente em potenciômetro (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### SÓLIDOS SOLÚVEIS

Determinado diretamente em refratômetro (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### ATIVIDADE DE ÁGUA

Determinada diretamente em higrômetro marca Decagon (USA), modelo CX-2, à temperatura de 25°C. Análise em triplicata.

### SINÉRESE

Determinada segundo metodologia proposta por BAIDÓN et al. (1987), onde se

coloca amostra em papel de filtro Whatman nº. 1 e após algum tempo mede-se o avanço do anel de umidade.

### PROPRIEDADES REOLÓGICAS

Foi utilizado o reômetro BROOKFIELD modelo DVIII+, com variação de temperatura.

### PREPARO DA AMOSTRA PARA AS MEDIDAS REOLÓGICAS:

Dissolução da amostra de solução modelo gelatinizada (20g) em água destilada (10ml) e aquecimento em forno de microondas até a obtenção de um fluido homogêneo e com 40°Brix. Para o controle do teor de sólidos solúveis foi utilizado o refratômetro manual marca ATAGO, modelo HSR 500 (escala 0-90°Brix).

Na determinação das propriedades reológicas utilizou-se um reômetro programável, marca BROOKFIELD, modelo DVIII+, com adaptador de pequenas amostras e spindle do tipo cilíndrico (especificação: S15). Um banho termostático BROOKFIELD, modelo TC – 500 (-10°C a +130°C; ±0,03°C) foi acoplado ao adaptador de pequenas amostras com o

objetivo de manter a temperatura do produto conforme a necessidade de cada teste.

Temperatura versus viscosidade das amostras: reômetro programado para a taxa de cisalhamento constante e igual a 20rpms por 2min a cada temperatura; as temperaturas do banho termostático foram ajustadas para os valores de 25, 35, 50, 65 e 90°C.

Taxa de cisalhamento versus tensão de cisalhamento: reômetro programado para – 0,5rpm (1min); 1,0rpm (1min); 2,5rpm (1min); 5,0rpm (1min); 10,0rpm (1min); 20,0rpm (1min); 50,0rpm (1min); 100,0rpm (1min); 100,0rpm (1min); 50,0rpm (1min); 20,0rpm (1min); 10,0rpm (1min); 5,0rpm(1min); 2,5rpm(1min); 1,0rpm(1min); 0,5rpm(1min).

Viscosidade versus tempo: 5rpms por 1min.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para as determinações de sólidos solúveis, pH, atividade de água e sinérese das soluções modelo.

**Tabela 2.** Valores da média e desvio de sólidos solúveis, pH, Aw e sinérese das soluções modelo.

Amostra	°Brix		pH		Aw		Sinérese (cm)
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	
<u>1</u>	<u>39,1</u>	<u>1,0</u>	<u>3,64</u>	<u>0,01</u>	<u>0,969</u>	<u>0,001</u>	<u>0,3</u>
<u>2</u>	<u>38,0</u>	<u>1,0</u>	<u>3,52</u>	<u>0,01</u>	<u>0,969</u>	<u>0,001</u>	<u>0,2</u>
<u>3</u>	<u>37,6</u>	<u>1,0</u>	<u>3,79</u>	<u>0,01</u>	<u>0,970</u>	<u>0,001</u>	<u>0</u>
<u>4</u>	<u>38,4</u>	<u>1,0</u>	<u>4,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,971</u>	<u>0,001</u>	<u>0</u>
<u>5</u>	<u>39,0</u>	<u>1,0</u>	<u>3,37</u>	<u>0,01</u>	<u>0,970</u>	<u>0,001</u>	<u>0,4</u>
<u>6</u>	<u>39,7</u>	<u>1,0</u>	<u>3,91</u>	<u>0,01</u>	<u>0,968</u>	<u>0,000</u>	<u>0</u>
<u>7</u>	<u>38,1</u>	<u>1,0</u>	<u>3,78</u>	<u>0,01</u>	<u>0,970</u>	<u>0,001</u>	<u>0</u>
<u>8</u>	<u>37,7</u>	<u>1,0</u>	<u>3,71</u>	<u>0,01</u>	<u>0,971</u>	<u>0,001</u>	<u>0</u>
<u>9</u>	<u>37,9</u>	<u>1,0</u>	<u>3,79</u>	<u>0,01</u>	<u>0,972</u>	<u>0,002</u>	<u>0</u>
<u>10</u>	<u>37,1</u>	<u>1,0</u>	<u>3,08</u>	<u>0,01</u>	<u>0,973</u>	<u>0,002</u>	<u>0</u>
<u>11</u>	<u>36,4</u>	<u>1,0</u>	<u>3,25</u>	<u>0,01</u>	<u>0,970</u>	<u>0,001</u>	<u>0</u>

O pH pode afetar a qualidade do gel, sendo que a diminuição de pH causa hidrólise da carragena resultando na diminuição da força de gelificação, porém uma vez formado o gel, mesmo em pHs baixos não há mais ocorrência de hidrólise. A força do gel de agar-agar e guar também é afetada pelo pH, diminuindo com o decréscimo do pH.

Os valores de  $A_w$  encontrados foram elevados, sendo assim é indicado o uso de conservadores para melhor preservação do produto. O conservador escolhido foi o sorbato de potássio.

Conforme alertado nas especificações técnicas da goma agar-agar, o gel poderia apresentar sinérese, porém este fato não ocorreu. Já para a goma carragena as especificações técnicas alertavam que no caso

de sinérese esta seria tanto maior quanto maior a concentração de potássio, que implicaria também na diminuição da força do gel. As soluções modelo contendo carragena não apresentaram sinérese.

A solução modelo com amido + 0,4% de pectina (8003) foi a que apresentou maior sinérese (0,5 cm).

DURÁN et al. (1987), estudaram o grau de sinérese em géis de agar e kappa-carragena em várias concentrações com diferentes concentrações e goma garrofina. Os valores de sinérese variam de 0,5 a 1,5 cm, onde com o aumento da concentração de goma garrofina a sinérese diminuiu.

A Tabela 3 apresenta os valores de viscosidade em função da temperatura obtidos para as soluções modelo.

**Tabela 3 .** Valores de viscosidade das amostras em função da temperatura.

Amostra	Viscosidade (cP)				
	25°C	35°C	50°C	65°C	90°C
1	650	550	450	475	200
2	550	425	225	75	25
3	2925	2525	2000	1575	1425
4	4725	4025	3125	2550	2000
5	750	725	125	50	25
6	1775	1300	625	475	300
7	1675	950	500	425	300
8	2900	1925	1150	650	400
9	2875	2100	1375	1000	600
10	3225	2650	1875	1375	1125
11	10875	7075	3075	2475	2050

Os valores de energia de ativação variaram de 10 – 50 KJ/mol .

A fim de avaliar o comportamento da viscosidade em função da temperatura, ajustou-se o modelo de Arrhenius:

$$\ln \eta = \ln \eta_0 + E_a/RT$$

Os valores de  $E_a$  encontram-se na Tabela 4, onde se utilizou o valor da constante dos gases  $R=8,314$  J/mol.K.

(Eq. 1)

A energia de ativação pode ser identificada como a mínima energia cinética necessária para a reação (ATKINS, 1995). Em geral, quanto maior a  $E_a$  maior é o efeito da temperatura sobre a viscosidade BARBOSA-CÁNOVAS et al. (1993). As amostras 2 e 5, de maiores  $E_a$ , são as de menor firmeza, ou seja, são amostras mais fluidas, onde a transmissão de calor é mais rápida.

RAO et al. (1999) obtiveram  $E_a = 9,4$  KJ/mol para purê de tomate (11°Brix). Já em MOURA (1998) os valores de  $E_a$  variaram de 12 – 25 KJ/mol para sucos de tangerina, abacaxi e limão, variando de 10 – 55°Brix.

Segundo LUND (1979), os valores de energia de ativação para as reações químicas estão entre 40 – 130 KJ/mol, e para as reações enzimáticas estão entre 50 – 420 KJ/mol.

A fim de avaliar o comportamento reológico das soluções modelo foi analisada a relação entre a tensão de cisalhamento ( $\sigma$ ) pela taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ). Observou-se que os modelos têm comportamento não Newtoniano e possuem tensão de cisalhamento inicial; tal comportamento é considerado consequência de uma estrutura interna que impede a movimentação. Sob a ação de certa tensão ( $\sigma_0$ ) a estrutura do fluido colapsa e inicia-se a deformação.

Segundo PETTITT (1979) a goma xantana apresenta características reológicas pseudoplásticas e possui estabilidade a altas variações de temperatura.

Vários modelos têm sido propostos para correlacionar a tensão e a taxa de deformação. No projeto foram estudados os seguintes modelos:

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n \quad (\text{Modelo Lei da potência}) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\sigma = \pm \sigma_0 - K (\dot{\gamma})^n \quad (\text{Modelo de Herschel-Bulkley}) \quad (\text{Eq. 3})$$

Com o auxílio do software Statística 5.0, obteve-se os valores de  $K$  e  $n$  para as soluções modelo, utilizando os dois modelos (Tabela 5 e Tabela 6).

**Tabela 5.** Parâmetros reológicos para o modelo de Lei da potência.

Amostra	Subida			Descida		
	$K$ (dina/cm <sup>2</sup> *s <sup>n</sup> )	$n$	$R^2$	$K$ (dina/cm <sup>2</sup> *s <sup>n</sup> )	$n$	$R^2$
<u>1</u>	<u>14,40</u>	<u>0,538</u>	<u>0,992</u>	<u>13,84</u>	<u>0,541</u>	<u>0,993</u>
<u>2</u>	<u>9,83</u>	<u>0,431</u>	<u>0,997</u>	<u>8,47</u>	<u>0,467</u>	<u>0,996</u>
<u>3</u>	<u>42,58</u>	<u>0,507</u>	<u>0,990</u>	<u>36,55</u>	<u>0,542</u>	<u>0,973</u>
<u>4</u>	<u>249,75</u>	<u>0,156</u>	<u>0,974</u>	<u>243,50</u>	<u>0,167</u>	<u>0,997</u>
<u>5</u>	<u>23,85</u>	<u>0,523</u>	<u>0,998</u>	=	=	=
<u>6</u>	<u>26,61</u>	<u>0,327</u>	<u>0,999</u>	<u>24,81</u>	<u>0,341</u>	<u>0,999</u>
<u>7</u>	<u>60,98</u>	<u>0,287</u>	<u>0,993</u>	<u>69,50</u>	<u>0,246</u>	<u>0,998</u>
<u>8</u>	<u>94,30</u>	<u>0,260</u>	<u>0,999</u>	<u>94,99</u>	<u>0,252</u>	<u>0,999</u>
<u>9</u>	<u>132,45</u>	<u>0,378</u>	<u>0,998</u>	<u>95,08</u>	<u>0,462</u>	<u>0,994</u>
<u>10</u>	<u>64,62</u>	<u>0,522</u>	<u>0,996</u>	<u>67,15</u>	<u>0,515</u>	<u>0,996</u>
<u>11</u>	<u>168,00</u>	<u>0,309</u>	<u>0,997</u>	<u>153,47</u>	<u>0,331</u>	<u>0,998</u>

**Tabela 6.** Parâmetros reológicos para o modelo de Herschel-Bulkley.

Amostra	Subida				Descida			
	$\sigma_0$	K (dina/cm <sup>2</sup> *s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	$\sigma_0$	K (dina/cm <sup>2</sup> *s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
<u>1</u>	<u>10,41</u>	<u>6,97</u>	<u>0,708</u>	<u>0,998</u>	<u>10,46</u>	<u>6,47</u>	<u>0,720</u>	<u>0,999</u>
<u>2</u>	<u>3,38</u>	<u>6,91</u>	<u>0,509</u>	<u>0,998</u>	<u>4,40</u>	<u>4,90</u>	<u>0,591</u>	<u>0,999</u>
<u>3</u>	<u>33,22</u>	<u>17,94</u>	<u>0,709</u>	<u>0,998</u>	<u>46,24</u>	<u>7,16</u>	<u>0,937</u>	<u>0,998</u>
<u>4</u>	<u>180,80</u>	<u>68,29</u>	<u>0,378</u>	<u>0,987</u>	<u>90,18</u>	<u>152,80</u>	<u>0,235</u>	<u>0,999</u>
<u>5</u>	<u>10,82</u>	<u>15,66</u>	<u>0,619</u>	<u>0,999</u>	<u>15,26</u>	<u>4,95</u>	<u>0,893</u>	<u>0,999</u>
<u>6</u>	<u>-11,83</u>	<u>38,13</u>	<u>0,261</u>	<u>0,999</u>	<u>-9,50</u>	<u>33,98</u>	<u>0,282</u>	<u>0,999</u>
<u>7</u>	<u>-53,09</u>	<u>113,65</u>	<u>0,187</u>	<u>0,996</u>	<u>25,88</u>	<u>43,91</u>	<u>0,330</u>	<u>0,999</u>
<u>8</u>	<u>11,83</u>	<u>82,60</u>	<u>0,284</u>	<u>0,999</u>	<u>28,76</u>	<u>66,56</u>	<u>0,316</u>	<u>0,999</u>
<u>9</u>	<u>28,16</u>	<u>106,48</u>	<u>0,424</u>	<u>0,999</u>	<u>59,36</u>	<u>47,24</u>	<u>0,621</u>	<u>0,999</u>
<u>10</u>	<u>-55,99</u>	<u>111,38</u>	<u>0,405</u>	<u>0,999</u>	<u>-48,70</u>	<u>107,89</u>	<u>0,412</u>	<u>0,999</u>
<u>11</u>	<u>-143,07</u>	<u>308,80</u>	<u>0,207</u>	<u>0,999</u>	<u>-99,51</u>	<u>250,39</u>	<u>0,243</u>	<u>0,999</u>

O modelo reológico que melhor se ajustou aos dados obtidos experimentalmente foi de Herschel-Bulkley, que apresentou os maiores valores de R<sup>2</sup>. O modelo Lei da potência apresentou também um bom ajuste aos dados experimentais, e os valores de n foram menores que 1, indicando um fluido pseudo-plástico.

O comportamento observado está de acordo com o que foi reportado por PEREIRA (2004), na avaliação de propriedades reológicas de suspensões de géis de amido. Os valores de K variaram de 50 a 690 dina/cm<sup>2</sup>\*s<sup>n</sup>, e n de 0,40 a 0,47 com variação de 5 a 15% de amido.

Avaliando-se a variação da viscosidade com o tempo verificou-se que as soluções modelo apresentaram comportamento tixotrópico, ou seja, diminuição da viscosidade com o aumento do tempo as amostras de 1 a 5 e de 8 a 11. As amostras 6 e 7 apresentaram comportamento reopético, ou seja, aumento da viscosidade com o aumento do tempo.

A fim de se comparar o custo de produção de cada solução modelo, levantaram-se os preços dos hidrocolóides empregados. Os valores encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 7.** Custo de cada hidrocolóide.

<u>Hidrocolóide</u>	<u>Custo em US \$, para cada 1Kg de hidrocolóide</u>
<u>Pectina (8003)</u>	<u>25,23</u>
<u>Pectina (8002)</u>	<u>25,23</u>
<u>Pectina (105)</u>	<u>16,93</u>
<u>Xantana (Keltrol F)</u>	<u>13,67</u>
<u>Amido modificado (Snow-flake 6704)</u>	<u>1,52</u>
<u>Agar-agar (KK alphagar)</u>	<u>41,52</u>
<u>Carragena (KK alphavisco 8020)</u>	<u>22,90</u>
<u>goma guar</u>	<u>2,80</u>
<u>goma tara</u>	<u>12,00</u>

Levando-se em conta apenas os hidrocolóides, obteve-se os valores da Tabela 8 para as amostras.

**Tabela 8.** Custo da solução modelo (considerando apenas os hidrocolóides).

<u>Amostra</u>	<u>Custo em US \$</u>
<u>1</u>	<u>0,33</u>
<u>2</u>	<u>0,23</u>
<u>3</u>	<u>0,50</u>
<u>4</u>	<u>0,64</u>
<u>5</u>	<u>0,23</u>
<u>6</u>	<u>0,37</u>
<u>7</u>	<u>0,55</u>
<u>8</u>	<u>0,69</u>
<u>9</u>	<u>0,53</u>
<u>10</u>	<u>0,06</u>
<u>11</u>	<u>0,26</u>

Comparando-se as amostras 1 e 2, ambas com características de doce em massa, verificou-se que o emprego de duas pectinas resultou em alto custo da amostra. O emprego

de amido modificado em combinação com pectina (8003) – amostra 5, ou de xantana em combinação com pectina (8003) – amostra 2, levou à produtos de custos reduzidos.



A amostra 1 em comparação à amostra 11, possuem características semelhantes, sendo ambas consideradas doce em massa, porém o emprego de diferente hidrocolóide diminuiu o custo.

A amostra 10 foi a que apresentou menor custo, porém apresentou menor firmeza, se comparado com o comportamento de textura das outras amostras.

A amostra 3, embora empregue apenas uma pectina, teve seu custo aumentado em relação as amostras 1, 2, 5, 10 e 11.

Comparando a amostra 1 – pectina (8002) + pectina (105), com amostra 4 – pectina (8003) + xantana, embora ambas tenham característica próximas de textura o custo final da amostra 4 é praticamente o dobro da amostra 1.

Dentre as amostras com características de gel (6, 7, 8 e 9), verificou-se que o emprego da carragena em combinação com xantana (amostra 6) foi a amostra com custo menor. E comparando a amostra 6 com a amostra 8, embora tenham características semelhantes de textura, a amostra 8 tem custo 50% mais elevado, ou seja, o emprego da combinação de três hidrocolóides não acrescentou diferenças nas características de textura. A amostra 7 tem custo semelhante a amostra 9, porém características de textura bem diferentes. A amostra 7 levou a um produto de alta firmeza e de baixa coesividade. A amostra 9 – pectina (8003) + amido modificado, tem custo 20% menor que a amostra 4 – pectina (8003) + xantana, e a amostra 9 apresenta o dobro da firmeza da amostra 4.

## CONCLUSÕES

- O emprego de amido combinado baixas porcentagens de pectina levou a sinérese.
- A viscosidade das soluções modelo é influenciada pela temperatura, segundo o modelo de Arrhenius.-  
As soluções modelo têm comportamento não Newtoniano e possuem tensão de cisalhamento inicial.
- O modelo reológico que melhor se ajustou aos dados obtidos experimentalmente foi de Herschel-Bulkley.
- Entre as amostras semelhantes a doce em massa (1, 2, 4 e 5) as de menor custo são as amostras 2 (pectina + xantana) e 5 (pectina + amido). Entre as amostras de geléias (3, 6, 7, 8 e 9) a de menor custo é a amostra 6 (carragena + xantana).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e as empresas Kienast & Kratschmer LTDA, CpKelco, Sweetmix Ltda, Vogler Ingredients e Corn Products pela doação dos insumos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINS, P. W. Molecules in motion. In : ATKINS, P. W; PAULA, J. *Physical chemistry*. 5.ed. (International Student Edition). Oxford : Oxford University Press. v. 1, 1995. p. 833-856.
- DURÁN, L ;BAIDÓN, S.; FISZMAN, S. M.; COSTELL, E.; Sinéresis de los geles de agar y kappa-carragenato. influencia de la adición de gomas de garrafin y guar. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, ESP, v. 27, n.4, p. 545-555, 1987.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. ; IBARZ, A. ; PELEG, M.. *Propriedades reológicas de alimentos fluidos. Revision*. Alimentaria: Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos *Madri, ESP* , abril, p. 39-59, 1993.
- BERTO, M.I. *Avaliação experimental do controle da pasteurização contínua de um fluido modelo de suco de laranja*. Campinas, 2004. 271p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas.
- FISZMAN, S.M.; DURÁN, L. Effects of fruit pulp and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. *Carbohydrate Polymer*, ELSEVIER, v. 17, p. 11-17, 1992
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3 ed. São Paulo, 1985, v. 1, 533p.
- LUND, D. B. Effect of commercial processing on nutrients. *Food Technology*. Chicago, IL, v. 33, n. 22, p. 28-38, 1979.
- MOURA, S. C. S. R. *Estudo da atividade de água e da condutividade elétrica em sucos concentrados de frutas tropicais*. Campinas, 1998. 106p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos).- Universidade Estadual de Campinas
- PEREIRA, L. B. *Caracterização de suspensões e géis de amido de amaranto: efeito da adição de sacarose e NaCl nas propriedades reológicas e térmicas*. Campinas, 2004. 142p
- Dissertação.(Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas
- PETTITT, D. J. Xanthan gum. In: BLANSHARD, J. M.V.; MITCHELL, J.R. (Eds.) *Polysaccharides in food*. London : Butterworth, 1979. p. 263-281.
- RAO, M. A.; COOLEY, H. J. ; LIAO, H. J. High temperature rheology of tomato puree and starch dispersion with a direct-drive viscometer. *Journal of Food Process Engineering*. Davis, CA, v. 22, p. 29-40, 1999.
- SOLER, M.P.; FADINI, A.L.; QUEIROZ, M.B.; MORI, E.E.; FERREIRA, V.L.P.; FISZMAN, S. Aplicação de hidrocolóides na formulação de goiabada com baixo teor de açúcar. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos - SBCTA*, Campinas, SP , v. 32, n. 1, p. 30-34, 1998.