

## CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO MEL PROCESSADO EM CENTRÍFUGA RADIAL E EM CENTRÍFUGA FACIAL

**Cleber C. Costa** – misticus@yahoo.com

**Roberto G. Pereira** – temrobe@vm.uff.br

Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Passos da Pátria, 156 – São Domingos – CEP: 24210-240 – Niterói, RJ, Brasil.

**Mary R. Muniz** – coapirio@uol.com.br

Cooperativa Apícola do Rio de Janeiro

Rua Presidente Castelo Branco, S/Nº – Centro – CEP: 24030-260 – Niterói, RJ, Brasil.

**Resumo.** *No mercado direcionado ao apicultor existem dois diferentes tipos de centrífugas caracterizados quanto à disposição dos quadros com o mel. Uma das centrífugas é denominada radial, nesse modelo os quadros são dispostos paralelamente ao eixo de ação da força centrífuga enquanto que no outro modelo, conhecido como centrífuga facial, os quadros são dispostos perpendicularmente ao mesmo eixo de ação da força centrífuga citada anteriormente. Motivados pelas diferenças sensoriais apresentadas no produto final obtido de ambas as centrífugas, esse trabalho tem como objetivo verificar as variações físico-químicas e reológicas para um mesmo mel centrifugado nos modelos citados. Com os testes aqui realizados observou-se que ocorre uma diferença na viscosidade da amostra devido ao modo como é centrifugada. Nos testes realizados nesse trabalho foram obtidas as curvas de escoamentos, em teste de cisalhamento e de varreduras de frequência e tensão, em testes de oscilação para ambos os méis. Além dos testes reológicos, mais dois parâmetros foram obtidos para ambas as amostras: a umidade do mel, fator importante quando a permanência das propriedades sensoriais do mel e também o teste de HMF, o qual fornece informações que nos permite identificar se o mel foi elevado a temperaturas fora daquela permitida pela legislação.*

**Palavras-chave:** *Reologia, Alimentos, Mel, HMF, Umidade.*

### 1. INTRODUÇÃO

O mel, produto viscoso e aromático apreciado desde o tempo da Grécia antiga, é preparado pelas abelhas principalmente do néctar de flores de acordo com Dustmann (1993).

As propriedades do mel são influenciadas por vários fatores tais como a composição, a temperatura, além da quantidade e do tamanho dos cristais. A viscosidade é um parâmetro extremamente importante para caracterizar um determinado tipo de mel. Esta propriedade é particularmente crítica durante o armazenamento, manuseio e processamento, segundo Write (1978); Assil, Sterling & Sporns (1991).

Antigamente, utilizavam-se prensas para a separação do mel dos favos, com o grande inconveniente de se inutilizar os favos. Hoje, a maioria dos apicultores utiliza ou a centrífuga radial (favos dispostos no raio do círculo de rotação), que em rotação, expelle o mel dos favos ou ainda um segundo modelo denominado centrífuga facial (favos em posição tangencial ao plano cilíndrico) conforme descrito por Couto & Couto (1996). O objetivo desse trabalho é

comparar a qualidade de um mel de mesma florada e colhido no mesmo apiário, extraído do favo usando o modelo de centrífugas radial e o modelo facial. A diferença básica que motiva a investigação do produto final é o fato de que na centrífuga radial, o mel é escoado ao longo do quadro até entrar em contato com a parede da centrífuga. No caso da centrífuga facial, o fato do quadro, que contém o favo de mel, estar perpendicular ao eixo de ação da força faz com que exista um afastamento entre o quadro e a parede. Dessa forma, quando iniciada a centrifugação o mel é lançado contra a parede da centrífuga, ao passo que na centrífuga radial o mel escoava do quadro até a parede. Devido a diferença no processo de extração do mel, surgiu o interesse de se investigar as possíveis variações ocorridas para ambos os casos citados. Foram investigadas então as características reológicas e físico-químicas do mel processado tanto na centrífuga radial como na centrífuga facial.

No mel de abelha ocorre a produção de uma substância denominada hidroximetilfurfural (HMF) que está relacionada com a variação de temperatura no mel. Conforme descrito por Blanche (1990), uma propriedade das aldoses (glicose) é a sua reação de desidratação com ácidos fortes, como o ácido clorídrico, presente no reagente (resorcina em HCl) dando furfural + hidroximetilfurfural.

O mel recém extraído contém muito pouca quantidade de HMF, porém, se o mel é armazenado a temperaturas elevadas ou se for aquecido a diferentes temperaturas (superior a 40°C), os açúcares contidos no mel, especialmente a frutose, transforma-se em HMF por desidratação. O HMF é então uma forma de verificar se o mel foi alguma vez elevado a temperaturas acima de 40°C comprometendo suas propriedades químicas.

A umidade é um fator de grande influência na viscosidade do mel, quanto maior é a umidade presente no mel, menos viscoso será esse mesmo mel. A umidade contida em vários tipos de mel pode ser tão baixas quanto 13% de acordo com White (1978) e tão alta quanto 29% segundo mencionado por Junzheng & Changying (1998). De acordo com Craine (1983), o conteúdo de água do mel, junto com o número de células fermentadas nele, determinam se e quando o mel fermentará a uma dada temperatura. O conteúdo de água no mel, de modo a dificultar a sua oxidação, não deve ultrapassar 19%.

## **2. MATERIAL**

### **2.1. Tratamento das amostras para os testes reológicos**

**Origem das amostras.** O mel utilizado nos testes tem sua origem em Muqui-ES e foram gentilmente cedidas pelo Apiário Ervamel do senhor Sebastião Pacheco. O mel fornecido é de uma florada silvestre.

**Centrifugação das amostras.** São utilizados dois diferentes modelos de centrífugas, facial e radial, para o processamento do mel de uma mesma colméia, mesma florada e colhido na mesma época do ano. Da mesma maneira como foi descrito por Couto & Couto (1996), o quadro foi disposto no interior da centrífuga onde inicialmente é imposta uma rotação baixa, para que os favos não se rompam devido ao peso. Aumenta-se, então, lentamente a rotação até todo o mel ser expelido dos alvéolos (cerca de 300 rotações/minuto). As amostras colhidas foram armazenadas em potes de vidro e posteriormente filtradas.

**Filtragem das amostras.** As amostras após serem centrifugadas foram cuidadosamente filtradas para que restos de favos ou pedaços das abelhas fossem retirados. Para a filtragem foi utilizadas uma peneira com malhas de 1x1mm. A malha foi posicionada sobre a boca de um recipiente e o mel foi sendo lentamente derramado sobre a malha e por ação da gravidade era escurrido para o interior do pote ao passo que os detritos ficaram retidos na malha.

### 3. EQUIPAMENTO

As medidas foram realizadas em um reômetro rotativo HAAKE -RS50 conectado a um banho termostático K20-DC5. Foi utilizado um sensor de geometria cone-placa (C60/2<sup>0</sup>) para realizar medições que descrevessem o comportamento reológico do material em estudo. Na tabela 1 estão listadas as especificações geométricas para este sensor.

Tabela 1. Especificações para o sensor de geometria cone-placa.

Diâmetro do Cone	59,996 mm
Diâmetro da Placa	100 mm
Ângulo do Cone	1,993 Deg
Truncamento	0,104 mm

Para cada teste realizado no reômetro são necessários 2mL da amostra. As amostras são coletadas com o uso de uma seringa descartável graduada em décimo de mililitros (0,1mL). Após ser cuidadosamente medida a quantidade de amostra é posicionada sobre a placa do reômetro, acionando-se em seguida o aparelho para a posição de medida. Inicia-se, então, o teste após a amostra ter atingido a temperatura pré-estabelecida para ensaio.

### 4. MÉTODOS

#### 4.1. Determinação das propriedades reológicas

**Teste de cisalhamento.** O teste de cisalhamento consiste em impor à amostra de fluido um determinado valor de tensão (método de tensão controlada – CS) ou de deformação (método de deformação controlado – CR) obtendo-se como resposta, respectivamente, um valor de deformação ou de tensão. Obtém-se, então, a curva de escoamento do material, relacionando a tensão com taxa de deformação. A razão entre a tensão ( $\tau$ ) e a taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) representa o valor da viscosidade ( $\eta$ ) da amostra. No caso de uma relação não-linear entre a tensão e a taxa de deformação tem-se um fluido não-Newtoniano cujo valor da viscosidade depende da taxa de deformação aplicada.

**Teste de oscilação.** Os testes de oscilação são conhecidos como testes dinâmicos, pois nesse caso aplica-se uma tensão ou uma deformação senoidal sobre a amostra de teste obtendo-se uma deformação ou tensão dependente do tempo.

Em testes desse tipo, a tensão e a deformação são funções oscilatórias temporais. Essas funções podem estar em fase ( $\delta = 0^\circ$ ), fora de fase ( $\delta = 90^\circ$ ) ou em um ponto intermediário entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . No primeiro caso tem-se uma deformação máxima para uma tensão máxima aplicada e isso caracteriza um fluido elástico. O segundo caso equivale a uma tensão máxima aplicada obtendo-se uma deformação mínima o que caracteriza um fluido viscoso e finalmente no caso intermediário tem-se um fluido viscoelástico.

Grandezas importantes são obtidas através dos testes de oscilação. Entre elas pode-se destacar o módulo complexo ( $G^*$ ) que representa a resistência total da substância contra uma deformação conforme escrito por Macosko (1994), sendo dado por :

$$G^* = \frac{\tau_0}{\gamma_0}, \quad (1)$$

sendo  $\tau_0$  e  $\gamma_0$  respectivamente as amplitudes de tensão e de deformação.

Outra forma na qual o módulo complexo pode ser representado é dada em função do módulo elástico ou de armazenamento ( $G'$ ) e do módulo viscoso ou de perda ( $G''$ ):

$$G^* = G' + iG'' \quad (2)$$

Na Equação (2)  $G'$  indica a energia que é temporariamente armazenada durante o teste, podendo ser recuperada posteriormente, e  $G''$  indica a energia que é necessária para que o fluido escoe e que é transformada em calor. Pode-se então definir um fluido como sendo viscoso ( $G'=0$  e  $G''=G^*$ ), elástico ( $G'=G^*$  e  $G''=0$ ) ou viscoelástico ( $G' \neq 0$  e  $G'' \neq 0$ ).

## 4.2. Determinação das propriedades físico-químicas

**Determinação da umidade.** Para a obtenção da umidade do mel estudado foi utilizado um refratômetro de bancada M/PZD, ref. RL3 com escala de 0 a 85%. Com o valor do índice de refração do material obtém-se a umidade para cada uma das misturas, conforme a Tabela 2 (Lara *et al.*, 1976).

Tabela 2. Tabela de Chataway

Índice de Refração a 20°C	Umidade %	Índice de Refração a 20°C	Umidade %
1,5030	13,4	1,4930	17,4
1,5025	13,6	1,4925	17,6
1,5020	13,8	1,4920	17,8
1,5015	14,0	1,4915	18,0
1,5010	14,2	1,4910	18,2
1,5005	14,4	1,4905	18,4
1,5000	14,6	1,4900	18,6
1,4995	14,8	1,4895	18,8
1,4990	15,0	1,4890	19,0
1,4985	15,2	1,4885	19,2
1,4980	15,4	1,4880	19,4
1,4975	15,6	1,4876	19,6
1,4970	15,8	1,4871	19,8
1,4965	16,0	1,4866	20,0
1,4960	16,2	1,4862	20,2
1,4955	16,4	1,4858	20,4
1,4950	16,6	1,4853	20,6
1,4945	16,8	1,4849	20,8

\* Correção para temperatura diferente de 20°C: adicione ou subtraia 0,00023 ao/do valor encontrado na tabela para cada grau acima ou abaixo de 20°C.

**Determinação do HMF.** Adiciona-se 7mL de éter etílico a 2g de mel e homogeneizando essa mistura com um bastão de vidro, o HMF presente no mel desloca-se para o éter. Essa mistura de éter e HMF é então extraída para um tubo de ensaio. Adiciona-se 2mL de uma mistura de resorcina a 1% e HCl ao éter etílico contendo o HMF. Essa nova solução é deixada em um local escuro por aproximadamente 10 min. Decorrido o tempo de descanso da solução, surge uma coloração a qual é comparada a uma tabela de cores onde se indica a proporção, em miligramas, de HMF para cada 1Kg de mel conforme apresentado por Blanchi (1990).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Testes químicos e de umidade

Nos testes químicos de verificação da presença de HMF na amostra constatou-se que as amostras centrifugadas na centrífuga radial e na fácil apresentaram a mesma faixa de quantidade de HMF. Ambas se encontram dentro do intervalo de 11-20mg/Kg, ou seja, dentro do limite permitido de variação de temperatura segundo Blanchi (1990).

A umidade das amostras permaneceu bem próxima após a centrifugação em cada modelo de centrífuga. O mel centrifugado na centrífuga radial apresentou uma umidade de 20,6% enquanto que o mesmo mel centrifugado na centrífuga fácil indicou uma umidade de 20,2%.

### 5.2. Testes reológicos

**Teste de cisalhamento.** Na Figura 1 pode-se observar que ocorre uma variação significativa na viscosidade do mel devido aos diferentes modos de centrifugação. Segundo os dados obtidos, a viscosidade do mel centrifugado na centrífuga radial é aproximadamente duas vezes maior do que o mesmo mel centrifugado na centrífuga facial. Deste modo, através da determinação da viscosidade, pode-se verificar do ponto de vista reológico a ocorrência de variações no mel, ou seja, sua forma natural é alterada. Assim, a medida que na centrífuga facial o mel é lançado contra a parede parece ocorrer mudanças em sua composição, o que origina uma diminuição de sua viscosidade comparativamente ao mel processado na centrífuga radial.

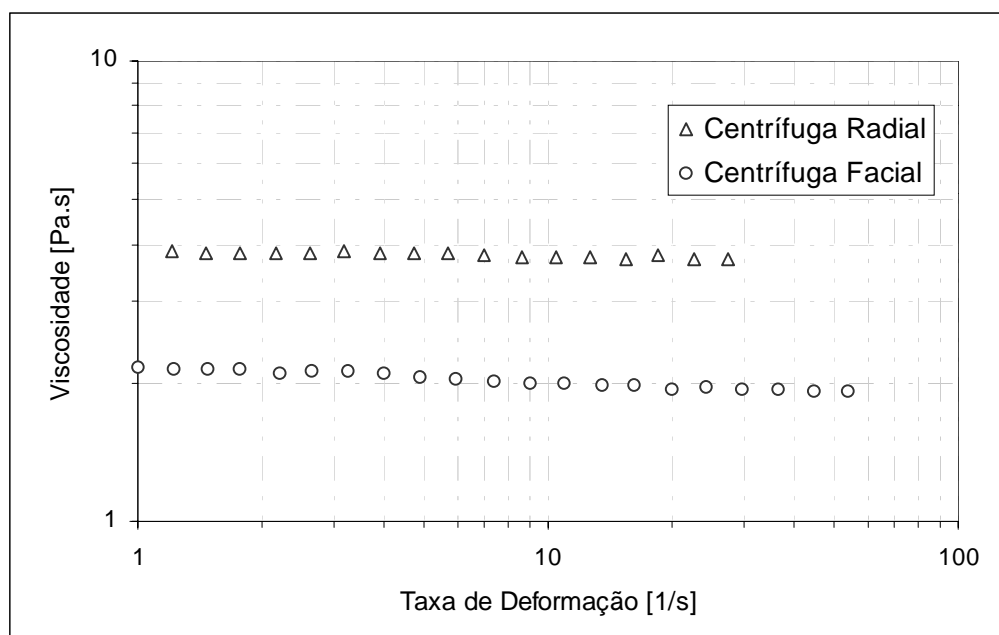


Figura 1. Curva de viscosidade: obtida para uma temperatura de 25°C.

**Teste de oscilação.** Devido ao comportamento linear apresentado na Fig.2, ou seja, o módulo complexo ( $G^*$ ) permanecendo constante para faixa de tensão aplicada, pode-se concluir que para qualquer teste realizado nesta faixa, estando a frequência a 1Hz e a temperatura mantida constante em 25°C, a amostra da centrífuga facial e radial estão ambas dentro do seu limite de viscoelasticidade linear, ou seja, a estrutura do material não corre o risco de ser modificada.

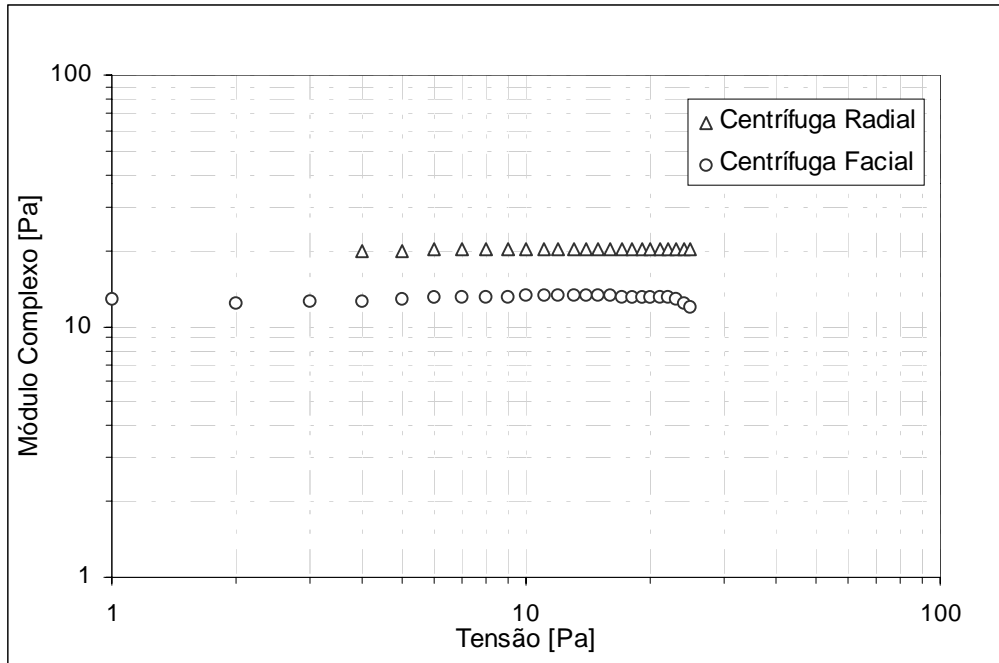


Figura 2. Stress Sweep: teste de varredura de tensão onde são mantidas constantes as frequências (1Hz) e a temperatura (25°C).

O comportamento viscoso do mel centrifugado em cada uma das centrífugas pode ser verificado na Fig. 3. De acordo com os dados obtidos com o teste de varredura de frequência, tanto o mel centrifugado na centrífuga radial quanto o mesmo mel centrifugado na centrífuga facial apresentam comportamento puramente viscoso dentro do intervalo de frequência de 0,015 Hz a 1,47Hz.

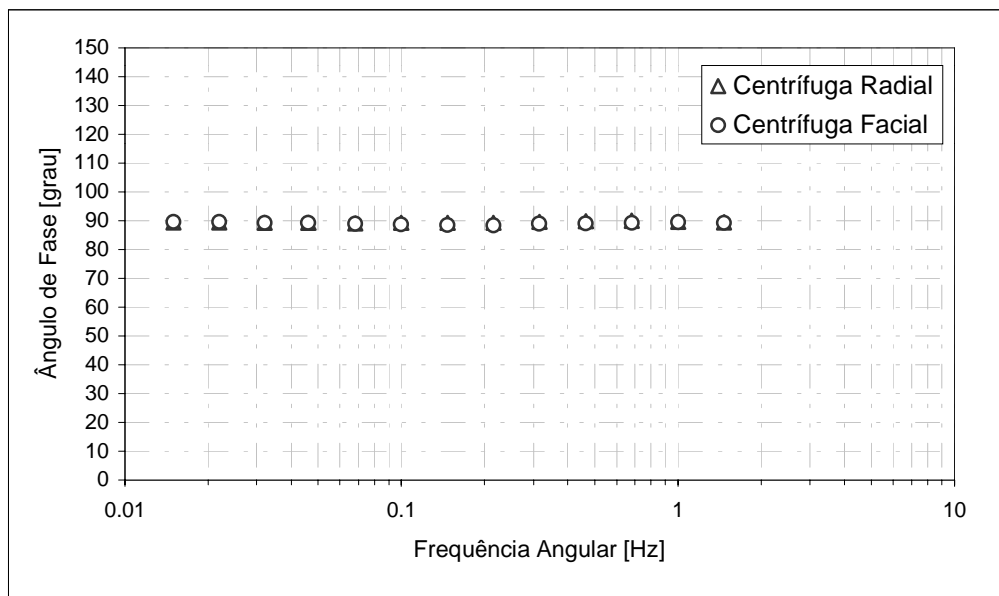


Figura 3. Frequency Sweep: foi realizada uma varredura de frequência utilizando uma tensão constante de 1Pa e mantendo as amostras a 25°C.

## 6. CONCLUSÕES

Investigou-se no presente trabalho as características reológicas e físico-químicas do mel processado em centrífuga radial e em centrífuga facial. Não foram observadas variações em relação à umidade e a quantidade de HMF presente nas amostras. Entretanto, o valor da viscosidade variou significativamente, sendo obtido para o caso do mel centrifugado na centrífuga radial, um valor para a viscosidade de aproximadamente duas vezes o valor da viscosidade do mesmo mel processado na centrífuga facial.

A diferença apresentada entre a viscosidade do mel centrifugado em cada centrífuga pode estar relacionado com uma mudança molecular do mel. O mel além de apresentar em sua composição uma grande variedade de açúcares e proteínas, possui também vários álcoois e dentre esses alguns de baixo ponto de ebulição. Dessa forma, é possível que no ato do mel chocar-se com a parede da centrífuga, no caso da centrífuga facial, o calor gerado pelo choque tenha sido suficiente para que alguns desses álcoois entrassem em ebulição fazendo com que a cadeia molecular do mel fosse alterada. Com isso, a viscosidade do mel após esse processo se altera.

### *Agradecimentos*

Os autores do trabalho agradecem ao CNPq e a CAPES pelo suporte financeiro prestado. Agradecemos também, ao Engenheiro Químico Edimir Brandão do CENPES, a Bióloga Cláudia dos Santos Fagundes da COAPI-Rio e ao seu Presidente, Sr. Valdir Ribeiro Osório.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assil, H. I., Streling, R. & Sporns, P., 1991, Crystal control in processed liquid honey. *Journal of Food Science*, 56, 1034 – 1041.
- Blanchi, E.M., 1990, Control de calidad de la miel y la cera, Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion, Roma.
- Couto, R.H.N. e Couto, L.A., 1996, Apicultura: Manejo e Produtos. FUNEP, Jaboticabal - SP, Brasil.
- Craine, E., 1983, O Livro do Mel, Nobel, São Paulo – SP, Brasil.
- Dustmann, J. H., 1993. Honey, quality and its control. *American Bee Journal*, 133, 648 – 651
- Junzheng, P., & Changying, J., 1998, General rheological model for natural honeys in China. *Journal of Food Engineering*, 36, 165 – 168.
- Lara, A.B.W.H, Nazário G., Almeida M.E.W., Pregnotatto, W., 1976, Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, V1. Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos, Instituto Adolfo Lutz, 2<sup>a</sup> edição, São Paulo - Brasil.
- Macosko, C.W., 1994, Rheology: Principles, Measurements and Applications. Ed. VCH Plubishers, Inc., United States of America.
- Write, Jr. J. W., 1978, Honey. *Advances in Food Research*, 24, 288 – 354.

## **RHEOLOGICAL, PHYSICAL AND CHEMISTRY CHARACTERIZATION OF HONEY PROCESSED IN DIFFERENT TYPES OF CENTRIFUGES**

*Summary. In the apiculture are used two different kinds of centrifuges that can be used to centrifugation of honey. The difference between these centrifuges is related with the arrangement of the honeycomb into the centrifuge. One of the centrifuges is named radial centrifuge, in this case the honeycombs are placed parallel to the centrifuge force axis. In the other models, the honeycombs are placed perpendicular to the centrifuge force axis. Some differences were observed between the honey centrifuged at both types. This work has as the main objective to determine the physical, chemistry and rheological variations to the some honey when centrifuged at both centrifuges. In the tests performed in this work was possible to observe a significant variation in the viscosity of honeys that was centrifuged at both centrifuges.*

*Besides of the rheological tests, some other tests were investigated such as: the honey moisture determination, an important parameter factor that it has an influence about the quality of honey, and the honey HMF determination. With this test one can know if the honey was warmed above 40°C, that is the limit temperature to the honey not lost yours natural characteristics.*

**Keywords:** *Rheology, Foods, Honey, HMF, Moisture.*