

## **DAS VERHÄLTNISS ZWISCHEN DEN PHYSIKALISCH-CHEMISCHEN MERKMALEN DES HONIGS UND DEN EMPFINDLICHKEITSPARAMETERN DER KRISTALLISIERUNG**

*I. MANIKIS<sup>1</sup>, A. THRASYVOULOÛ<sup>2</sup>*

*Vereinigung der Imker aus dem Norden Griechenlandsn, Aristotel-Universität, Saloniki  
GRIECHENLAND  
E-mail: thrasia@agro.anth.gr*

### **Einleitung**

Der Honig ist eine an einfachen Zuckern hochkonzentrierte Lösung, die eine viel größere Menge an lösbarem Stoff enthält, als diese von der Lösung aufgenommen werden kann. Der Zucker schlägt nicht in allen Honigen nieder und nicht alle Honige kristallisieren in der gleichen Weise. Ihre Kristallisierungstendenz steht in direktem Verhältnis zu bestimmten Empfindlichkeitsparametern (oder Kristallisierungsindizes), wie z.B. Glukose, die Verhältnisse Glukose/Wasser (D/W), Glukose-Wasser/Fruktose (D-W/L), Fruktose/Glukose (L/D) und Melezitose.

Gewöhnlich kristallisiert der Honig sehr schnell, wenn er über 28-30% Glukose enthält (PHILLIPS, 1929; KODOUNIS, 1962; BOGDANOV, 1993), das Verhältnis D/W 2:1 oder noch mehr beträgt (AUSTIN, 1953; JAMIESON, 1954; WHITE, 1962, 1975; KODOUNIS, 1962), wenn das Verhältnis D-W/L einen hohen Wert verzeichnet (JACKSON und SILSBEE, 1924), wenn das Verhältnis L/D kleiner als 1,14 ist (JAMIESON, 1954; KODOUNIS, 1962; WHITE, 1975) und der Melezitosegehalt 10% übersteigt (BOGDANOV, 1993).

Im vorliegenden Studium versuchten wir Korrespondenzen zwischen den Kristallisierungsindizes und den Daten der internationalen Fachliteratur und denen der Honige Griechenlands festzustellen, um die Voraussagbarkeit des erwähnten Phänomens identifizieren und folglich praktische Wege zur Beseitigung der Kristallisierung finden zu können.

### **Material und Methode**

Die Daten der Sortenhonige stammen vor allem von CRANE et al. (1984). Die Daten der griechischen Sortenhonige erhielten wir durch Gaschromatographie von 20 Honigproben von folgender Herkunft: Kiefer, Tanne, Thymian und Sonnenblume.

Die in Trimethylsilyläther verwandelten Zucker wurden gespaltet und durch Gaschromatographie bestimmt. Der Apparat ist mit einem Injektionssystem mit Fragmentierung/Entfragmentierung und einem FID-Detektor versehen. Die Kapillarkolonnen muß SE-52 oder etwas Ähnliches sein (bzw. DB-5, 30 M Länge, ID 0,32 mm, Filmdicke 0,25 µ).

## Ergebnisse und Diskussionen

Tab.I enthält die Kristallisierungsindizes und die Kristallisierungstendenz der Sortenhonige auf internationaler Ebene, während die Tabellen II – V die entsprechenden Daten der griechischen Honige enthalten. Die Zonen mit Fettziffern sind ein Hinweis für die Werte mit korrekter Voraussage.

Tabelle I

### Kristallisierungsindizes der Sortenhonige

Honigsorte	D*	D/W	D-W/L	L/D	Kristallisierung **
016 <i>Actinodaphne angustifolia</i>	35,5	<b>1,89</b>	0,44	1,07	durchschnittliche
023 <i>Aloe davyana</i>	<b>39,1</b>	<b>2,30</b>	<b>0,61</b>	<b>0,92</b>	schnelle
031 <i>Anchusa officinalis</i>	37,5	2,2	0,43	1,26	langsame
034 <i>Antigonon leptopus</i>	28,6	<b>1,75</b>	0,31	1,35	seltene
035 <i>Asclepias syriaca</i>	33,4	<b>1,96</b>	0,34	1,44	seltene
054 <i>Brassica campestris</i>	26,4	1,45	0,22	1,40	schnelle
060 <i>Brassica napus</i>	35,2	<b>2,10</b>	0,47	1,05	schnelle
072 <i>Calluna vulgaris</i>	33,7	<b>1,70</b>	0,36	1,12	langsame
077 <i>Calvia callosa</i>	28,2	<b>1,50</b>	0,25	1,35	seltene
080 <i>Castanea sativa</i>	32,4	<b>1,80</b>	0,34	1,31	langsame
081 <i>Catunaregam spinosa</i>	35,6	<b>2,06</b>	0,44	1,77	durchschnittliche
097 <i>Citrus sinensis</i>	28,2	<b>1,83</b>	0,36	1,17	langsame
140 <i>Echium vulgare</i>	31,2	<b>1,90</b>	0,93	1,19	langsame
144 <i>Epilobium angustifolium</i>	28,8	<b>1,73</b>	0,30	1,38	durchschnittliche
152 <i>Eucalyptus albens</i>	29,6	1,66	0,32	1,22	schnelle
156 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	32,7	1,92	0,41	1,16	schnelle
158 <i>Eucalyptus cladocalyx</i>	<b>25,2</b>	<b>1,72</b>	0,25	<b>1,66</b>	keine
172 <i>Eucalyptus leucoxylon</i>	29,1	1,81	0,28	1,57	schnelle
176 <i>Eucalyptus melliodora</i>	30,4	2,17	0,38	1,41	langsame
198 <i>Euphorbia longa</i>	29,9	<b>1,66</b>	0,35	1,29	seltene
199 <i>Fagopyrum esculentum</i>	33,4	<b>1,61</b>	0,38	0,99	langsame
210 <i>Gossypium hirsutum</i>	33,4	2,14	0,44	1,18	durchschnittliche
220 <i>Hedysarum coronarium</i>	<b>44,5</b>	<b>2,90</b>	<b>0,62</b>	1,04	schnelle
221 <i>Helianthus annuus</i>	34,7	<b>2,30</b>	<b>0,57</b>	1,00	schnelle
223 <i>Hevea brasiliensis</i>	<b>40,7</b>	1,60	<b>0,57</b>	<b>0,66</b>	schnelle
230 <i>Ilex glabra</i>	27,4	<b>1,77</b>	0,30	1,44	langsame
265 <i>Lippia nodiflora</i>	31,6	1,41	0,25	1,14	schnelle
272 <i>Lotus corniculatus</i>	<b>42,9</b>	<b>2,52</b>	<b>0,49</b>	1,21	schnelle
286 <i>Marrubium vulgare</i>	<b>26,6</b>	<b>1,56</b>	<b>0,18</b>	<b>1,98</b>	seltene
290 <i>Medicago sativa</i>	32,6	1,90	0,43	1,11	schnelle
296 <i>Mellilotus alba</i>	33,7	1,79	0,40	1,08	schnelle
311 <i>Nyssa ogeche</i>	<b>23,8</b>	<b>1,36</b>	<b>0,15</b>	<b>1,77</b>	keine
314 <i>Onobrychis viciaefolia</i>	<b>41,8</b>	<b>2,45</b>	<b>0,49</b>	1,20	schnelle
316 <i>Oxydendron arboreum</i>	<b>25,5</b>	<b>1,53</b>	<b>0,21</b>	<b>1,59</b>	langsame
324 <i>Phacelia tanacetifolia</i>	35,0	<b>2,15</b>	0,36	1,42	schnelle
342 <i>Prunus yetoensis</i>	<b>40,4</b>	<b>2,12</b>	0,40	1,25	schnelle
347 <i>Rabdosia rugosa</i>	<b>38,4</b>	<b>2,19</b>	<b>0,52</b>	1,4	schnelle
354 <i>Robinia pseudacacia</i>	29,0	<b>1,90</b>	0,33	1,42	langsame
358 <i>Rubus idaeus</i>	32,9	2,15	0,50	1,06	durchschnittliche
370 <i>Salvia officinalis</i>	34,4	<b>2,02</b>	0,49	1,17	langsame
382 <i>Serenoa repens</i>	30,8	<b>2,13</b>	0,42	1,21	schnelle
395 <i>Sysygium cuminii</i>	32,6	<b>1,77</b>	0,32	1,32	langsame
401 <i>Terminalia chebula</i>	35,6	<b>2,06</b>	0,45	1,12	durchschnittliche
403 <i>Thelepaepale ixiocephala</i>	38,3	<b>2,09</b>	0,50	1,02	schnelle
407 <i>Thymus vulgaris</i>	<b>24,3</b>	<b>1,42</b>	<b>0,19</b>	<b>1,50</b>	langsame
428 <i>Trifolium hybridum</i>	31,0	1,86	0,37	1,23	schnelle
430 <i>Trifolium pratense</i>	<b>49,0</b>	<b>2,8</b>	<b>0,63</b>	1,02	schnelle
431 <i>Trifolium repens</i>	30,1	1,50	0,23	1,33	schnelle
440 <i>Vicia villosa</i>	29,5	1,71	0,26	1,43	schnelle (+ Mel.)
448 <i>Ziziphus mauritania</i>	31,5	<b>1,36</b>	0,24	1,12	langsame

\*D = Glukose, W = Wasser, L = Fruktose

\*\*schnelle Kristallisierung: vollständige in 1 Monat; durchschnittliche: 1-12 Monate; langsame: > 1 Jahr; seltene: > 4-5 Jahre

## Glukose

Die Daten bezüglich der internationalen Honige entsprechen der allgemeinen Tendenz, dergemäß je höher der Glukosegehalt desto ausgeprägter die Kristallisierungstendenz. Alle Honigsorten mit einem Glukosegehalt unter 30% kristallisieren langsam oder überhaupt nicht. Eine Ausnahme bildet der Rapshonig (*Brassica campestris*). Obwohl dieser Honig einen niedrigen Glukosegehalt (26,4%) verzeichnet, weist er eine ungewöhnlich schnelle Kristallisierung auf. Der bei dieser Honigsorte angeführte Glukosewert ist ziemlich überraschend, da sich der Rapshonig durch einen hohen Glukosegehalt auszeichnet (MAURIZIO, 1964; POURTALLIER und TALIERCIO, 1970).

Von den 16 untersuchten Honigen mit einem Glukosewert von über 34% weisen 2 eine langsame Kristallisierungstendenz auf, während der Rest, wie erwartet, eine schnelle oder durchschnittliche Kristallisierung ergab.

Der Glukosegehalt des griechischen Kieferhonigs (ein nicht kristallisierender Honig) wie auch des griechischen Sonnenblumenhonigs (ein schnell kristallisierender Honig) ist ein guter Hinweis für die Kristallisierungstendenz. Der maximale Glukosegehalt des Kieferhonigs beträgt 29,3% (siehe Tab. II), der minimale des Sonnenblumehonigs 35,2% (siehe Tab. III). Die Analyse der fremden Honige ergab die Schlußfolgerung, daß der Wert des Glukosegehalts keine sehr hohe Nützlichkeit aufweist. Dieses ist auch der Fall des griechischen Thymianhonigs.

Tabelle II

Kristallisierungsindizes der griechischen Kieferhonigtauhonige  
(kein kristallisierender Honig)

Probe Nr.	D	D/W	D-W/L	L/D
1	26,5	1,6	0,32	1,16
2	27,0	1,6	0,32	1,19
3	25,2	1,5	0,29	1,24
4	26,6	1,5	0,31	1,16
5	27,0	1,5	0,30	1,16
6	29,3	1,7	0,35	1,16
7	27,1	1,7	0,37	1,80
8	27,3	1,6	0,34	1,13
9	28,4	1,5	0,27	1,26
10	28,8	1,7	0,39	1,08
11	27,5	1,6	0,35	1,11
12	25,2	1,4	0,25	1,30
13	27,0	1,5	0,28	1,29
14	27,5	1,6	0,28	1,36
15	28,4	1,5	0,28	1,29
16	25,2	1,5	0,31	1,10
17	25,2	1,6	0,32	1,19
18	25,2	1,4	0,20	1,42
19	28,8	1,8	0,36	1,11
20	25,7	1,4	0,19	1,40

**Kristallisierungsindizes des griechischen Sonnenblumehonigs (schnell kristallisierender Honig)**

Probe Nr.	D	D/W	D-W/L	L/D
1	<b>36,8</b>	1,99	0,45	1,09
2	<b>37,8</b>	<b>2,22</b>	<b>0,50</b>	1,11
3	<b>36,3</b>	<b>2,26</b>	0,49	1,13
4	<b>38,2</b>	2,00	0,48	1,04
5	<b>35,2</b>	<b>2,07</b>	0,45	1,14
6	<b>36,9</b>	<b>2,10</b>	0,48	1,08
7	<b>37,4</b>	1,92	0,44	1,07
8	<b>37,2</b>	1,95	0,43	1,12
9	<b>38,3</b>	<b>2,19</b>	<b>0,51</b>	1,05
10	<b>36,9</b>	<b>2,17</b>	0,49	1,08
11	<b>38,9</b>	<b>2,22</b>	<b>0,53</b>	1,02
12	<b>39,4</b>	<b>2,18</b>	<b>0,53</b>	1,03
13	<b>39,3</b>	<b>2,38</b>	<b>0,55</b>	1,05
14	<b>39,2</b>	<b>2,45</b>	<b>0,56</b>	1,05
15	<b>41,3</b>	<b>2,23</b>	<b>0,54</b>	1,02
16	<b>38,3</b>	2,01	0,49	1,02
17	<b>39,2</b>	<b>2,24</b>	<b>0,52</b>	1,06
18	<b>37,8</b>	<b>2,16</b>	<b>0,53</b>	1,01
19	<b>36,8</b>	<b>2,23</b>	<b>0,50</b>	1,09
20	<b>37,2</b>	<b>2,25</b>	<b>0,52</b>	1,06

*Das Verhältnis Glukose/Wasser (D/W)*

Der beste Indizes für die Kristallisierungstendenz ist das Verhältnis D/W, der in 34 (68%) von den 50 internationalen Proben korrekte Voraussagen ergab. 11 von den 16 Honigen mit einem falschen Wert des Verhältnisses D/W hatten einen niedrigen D/W-Wert (1,41 – 1,92) und eine schnelle Kristallisierungstendenz. Es wäre nicht ausgeschlossen, daß eine relative Nichtpräzision der verschiedenen Analysemethoden das Verhältnis beeinflusst hat.

Bei allen griechischen Honigproben ergab das Verhältnis D/W korrekte Voraussagewerte, unabhängig davon, ob der Honig kristallisierte oder nicht. Auch im Falle des Thymianhonigs mit einer durchschnittlichen Kristallisierungstendenz war die Voraussage korrekt.

*Das Verhältnis Glukose-Wasser/Fruktose (D-W/L)*

Das Verhältnis D-W/L ergab in 14 (28%) von den 50 Proben gute Ergebnisse, wobei eine gute Kristallisierungsvoraussage nur mit Extremwerten dieses Verhältnisses erhalten wurde. Im Falle der Honige, die jahrelang flüssig bleiben, beträgt dieses Verhältnis unter 0,20. Diejenigen, die schnell kristallisieren, haben ein Verhältnis von 0,50. Die dazwischenliegenden Werte sind gleichmäßig zwischen schnell und langsam kristallisierenden Honigen verteilt.

Im Falle der griechischen Honige ergab das Verhältnis D-W/L bei allen untersuchten Proben schwache Ergebnisse. Die Ergebnisse sind vor allem im Falle des Kiefer- und Thymianhonigs entmutigend (Tab. II und IV).

### Das Verhältnis Fruktose/Glukose (L/D)

Es erwies sich, daß das Verhältnis L/D sich am wenigsten als Indizes der Kristallisierungstendenz eignet (korrekte Voraussage in nur 7 Fällen). Folglich kann es als Indikator der Kristallisierung nicht verwendet werden, da nur die Extremwerte ( $>1,66$  oder  $<0,90$ ) ein positives Verhältnis gegenüber der Kristallisierungstendenz verzeichneten.

Tabelle IV

#### Kristallisierungsindizes des griechischen Thymianhonigs (durchschnittliche Kristallisierungstendenz)

Probe Nr.	D	D/W	D-W/L	L/D	Kristallisierung (Monate)
1	31,0	<b>1,97</b>	0,36	1,37	11
2	<b>29,7</b>	<b>1,98</b>	0,36	1,36	12
3	30,1	<b>1,66</b>	0,27	<b>1,49</b>	$>17$
4	31,2	<b>1,93</b>	0,35	1,36	14
5	30,1	<b>2,01</b>	0,34	<b>1,48</b>	12
6	<b>28,8</b>	<b>1,62</b>	0,28	1,37	$>17$
7	31,2	<b>1,83</b>	0,32	1,41	15
8	31,1	<b>1,98</b>	0,35	1,41	13
9	<b>27,6</b>	<b>1,55</b>	0,25	<b>1,43</b>	$>17$
10	29,2	<b>1,94</b>	0,34	1,40	11
11	30,6	<b>1,98</b>	0,39	1,26	12
12	<b>28,6</b>	<b>1,58</b>	0,26	1,36	$>17$
13	30,8	<b>1,91</b>	0,35	1,35	16
14	31,5	<b>1,95</b>	0,35	1,37	14
15	32,6	<b>1,91</b>	0,39	1,27	14
16	30,2	<b>1,66</b>	0,27	<b>1,47</b>	$>17$
17	<b>26,3</b>	<b>1,45</b>	<b>0,18</b>	<b>1,41</b>	$>17$
18	31,1	<b>2,00</b>	0,83	1,31	$>17$

Ebenfalls das Verhältnis L/D ergab die schwächsten Ergebnisse bei allen Honigsorten (siehe Tab. II-IV). Im Falle des Kieferhonigs war nur eine einzige Voraussage korrekt, der Sonnenblume keine und des Thymians nur 5 von 20.

#### Melezitose

Im allgemeinen haben die Honigtau-honige einen hohen Melezitosegehalt. Der Honigtau-honig von *Abies alba* hatte einen Melezitosegehalt von 8,1% und 36,9% Glukose, während der von *Larix decidua* 44,5% Melezitose und 15,9% Glukose enthielt. Beide Honigtau-honigsorten kristallisieren sehr schnell.

Wir analysierten den griechischen Tannenhonig, da diese Honigsorte nie kristallisiert, obwohl ihr Melezitosegehalt sehr hoch ist. Wie aus Tab.V ersichtlich hatte mehr als die Hälfte der Tannenhonigproben einen Melezitosegehalt von über 10%. Alle Glukosewerte betragen unter 21% und die Verhältnisse D/W und D-W/L hatten sehr niedrige Werte. Es ist eindeutig, daß der Melezitosegehalt und das Verhältnis L/D nicht den Honigen entspricht, die nicht kristallisieren.

Tabelle V

## Kristallisierungsindizes des griechischen Tannenhonigs (keine Kristallisierung)

Probe Nr.	D	D/W	D-W/L	L/D	Melezitose
1	19,4	1,21	0,11	1,54	10,9
2	20,6	1,30	0,18	1,41	5,3
3	17,3	1,14	0,01	1,59	10,3
4	15,4	1,10	0,05	1,61	12,9
5	16,4	1,13	0,07	1,59	12,4
6	17,2	1,17	0,09	1,53	12,3
7	15,6	1,08	0,05	1,52	21,1
8	14,1	0,95	-0,03	1,65	12,3
9	16,2	1,05	0,07	1,55	13,0
10	15,0	0,92	-0,04	1,65	11,2
11	16,1	0,99	-0,04	1,37	9,5
12	17,1	1,14	0,09	1,29	5,5
13	18,7	1,28	0,14	1,37	5,3
14	21,3	1,41	0,21	1,41	11,2
15	15,6	1,06	0,04	1,46	7,7
16	17,1	1,17	0,11	1,56	6,1
17	17,1	0,99	-0,01	1,44	9,0
18	17,6	1,15	0,09	1,40	8,3
19	17,2	1,13	0,07	1,50	8,0
20	17,0	1,06	0,04	1,61	6,0

Tabelle VI

## DW-Werte der Honige mit unterschiedlichem Glukose- und Wassergehalt

D%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%
26	1,85	1,75	1,62	1,53	1,44	1,36	1,30	1,23
27	1,92	1,80	1,68	1,58	1,50	1,42	1,35	1,28
28	2,00	1,86	1,75	1,64	1,55	1,47	1,40	1,33
29	2,07	1,93	1,81	1,70	1,61	1,52	1,45	1,38
30	2,14	2,00	1,87	1,76	1,66	1,57	1,50	1,42
31	2,21	2,06	1,94	1,82	1,72	1,63	1,55	1,47
32	2,28	2,13	2,00	1,88	1,77	1,68	1,60	1,52
33	2,35	2,20	2,06	1,94	1,83	1,73	1,65	1,56
34	2,42	2,26	2,12	2,00	1,89	1,78	1,70	1,61
35	2,50	2,30	2,18	2,06	1,94	1,84	1,75	1,66
36	2,57	2,40	2,25	2,11	2,00	1,89	1,80	1,71
37	2,60	2,47	2,31	2,17	2,06	1,94	1,85	1,75
38	2,71	2,53	2,37	2,23	2,11	1,99	1,90	1,80
39	2,78	2,60	2,44	2,29	2,17	2,05	1,95	1,85
40	2,85	2,66	2,50	2,35	2,22	2,10	2,00	1,90
41	2,92	2,73	2,56	2,41	2,27	2,15	2,05	1,95
42	3,00	2,80	2,62	2,47	2,33	2,21	2,10	1,99
43	3,07	2,86	2,68	2,52	2,38	2,26	2,15	2,04
44	3,14	2,93	2,75	2,58	2,44	2,31	2,20	2,09
45	3,21	3,00	2,81	2,64	2,50	2,36	2,25	2,14

## Schlußfolgerungen

Aufgrund der Untersuchung der oben angeführten Verhältnisse und der Kristallisierungstendenz der Honige konnten folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Die Glukose ist ein nützlicher Indikator der Kristallisierung im Falle von niedrigen (<28%) oder extrem hohen Werten (>38%). Wegen mangelnder Konstanz ist die Voraussage im Falle der dazwischen liegenden Werte unmöglich.

- Das Verhältnis D/W ist eines der nützlichsten Indizes für die Voraussage der Kristallisierung. Die Voraussage war in 68% der fremden Honige und in 93% der griechischen Honige korrekt.

- Das Verhältnis D-W/L ergab ungenaue Voraussagen und deshalb konnten nur die extremen Werte (>0,50 im Falle von schneller Kristallisierung und <0,20 im Falle von langsamer Kristallisierung) verwendet werden.

- Das Verhältnis L/D konnte keine genaue Voraussage der Kristallisierung weder bei den ausländischen (14% Voraussage) noch den griechischen Honigen (10% Voraussage) geben.

- Die Melezitose ist kein guter Indikator, da die meisten griechischen Tannenhonige 10% Melezitose enthalten und nie kristallisieren.

Die Ergebnisse der Untersuchung weisen daraufhin, daß das Verhältnis D/W entweder zur Voraussage oder zur Bekämpfung der Kristallisierungstendenz des Honigs verwendet werden kann. Die Glukosekonzentration ist leicht zu bestimmen und danach wird mit Wasser bis zu einem gewissen Niveau, das die Kristallisierung verspätet, aufgefüllt. Dieses Adjustieren des Wassergehalts stellt kein Problem dar.

Zur Erleichterung der folgenden Untersuchungen stellten wir Tab.VI auf, in welcher in der ersten Kolonne links die Glukosewerte von 26 bis 45% enthalten sind und auf der Waagerechten der Wassergehalt des Honigs von 14 bis 21%. Das Verhältnis D/W ist folgenderweise verteilt: die Zone mit Fettziffern stellt die Bedingungen dar, die eine schnelle Kristallisierung erlauben (die D/W-Verhältnisse sind gleich oder größer als 2,10). Die Zone mit normalen Ziffern stellt die nicht-kristallisierten Honige dar (D/W-Verhältnis gleich oder kleiner als 1,70). Wir hoffen, daß die Fortsetzung unserer analytischen Arbeit und die Honige mit unterschiedlichem Wassergehalt aber mit gleichem Glukosewert diese Tabelle bestätigen werden.

## LITERATUR

- Austin G.H., Maintaining a high quality in liquid and recrystallized honey. *Can. Bee J.* 61 (1), (1953)
- Bogdanov S., Wiederverflüssigung des Honigs. *Apiacta* XXVIII (1993), 4-10
- Crane Eva, Walker Penelope, Day Rosemary, Directory of Important World Honey Sources. International Bee Research Association, 1984
- Jackson R.S., Silsbee C.G., Saturation relations in mixtures of sucrose, dextrose and levulose. U.S. Commerce Dept. Standards Bureau Technol., 1924, 259-304
- Jamieson C.A., Some factors influencing the crystallization of honey. Rep. La St. Apiar. For 1954: 64-37 *Apic. Abstracts* 64/58 (1954)
- Koudounis M.I., The crystallization of honey. Ph. D. Thesis. Athens, University of Athens, Ministry of Agriculture, 1962, 88 pp
- Maurizio A., Das Zuckerbild blütenreiner Sortenhonige. *Ann Abeille* 7 (1964): 289-299
- Phillips E.F., Some physical peculiarities of honey. *Gleanings in Bee Culture* 57 (9) (1929): 570-572
- Pourtallier J., Y. Talierno, Les caractéristiques physicochimiques des miels en fonction de leur origine florale. 1. Application à un projet pour les grandes variétés de miels. *Bull. Aic. Doc. Sci. Techn. Inf.* 13 (1970): 58-68
- White J.W., Jr. M.L. Riethot Subers, Kushir M.H., I., Composition of American honeys. *Tech. Bull. U.S. Dept. Agric.* No. 1261 (1962), 124 pp
- White W. Jonathan Jr., Physical characteristics of honey. In: Honey A Comprehensive Survey. Ed. E. Crane. Heinemann: London, 1975, 608 pp