

Zawartość cukrów (fruktozy, glukozy, sacharozy) i proliny w różnych odmianach naturalnych miódów pszczelich

Content of sugars (fructose, glucose, sucrose) and proline in different varieties of natural bee honey

MARIA BORAWSKA^{1/}, LESZEK ARCIUCH^{2/}, ANNA PUŚCION-JAKUBIK^{1/}, DOROTA LEWOC^{2/}

^{1/} Zakład Bromatologii, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

^{2/} Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych, Laboratorium Specjalistyczne w Białymstoku

Wprowadzenie. Miód pszczeli jest naturalnym produktem, wytwarzanym przez pszczoły miodne *Apis mellifera*. Jego skład jest uzależniony od botanicznego pochodzenia, jednakże do dwóch głównych składników należą cukry proste oraz woda. Natomiast zawartość proliny powyżej normy potwierdza jego naturalne pochodzenie.

Cel. Określenie zawartości fruktozy, glukozy i sacharozy oraz proliny w naturalnych miódach pszczelich, a następnie poszukiwanie korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami.

Materiały i metody. Badanie przeprowadzono na 47 próbach naturalnych miódów pszczelich. Oznaczenie cukrów i proliny przeprowadzono zgodnie z metodykami, określonymi w Rozporządzeniu (Dz.U. z 2009 r. nr 17, poz. 94 z późn. zm.) z wykorzystaniem chromatografu cieczowego Agilent 1100 z detektorem refraktometrycznym i spektrometru U-2001 Hitachi Instruments Inc.

Wyniki. Wszystkie analizowane próby naturalnych miódów pszczelich spełniały wymagania dotyczące sumy fruktozy i glukozy, a także maksymalnej zawartości sacharozy określone w Rozporządzeniu (Dz.U. z 2003 r. nr 181, poz. 1773 z późn. zm.) oraz minimalnej zawartości proliny (PN-88/A-77626). Miody cytrusowe i wielokwiatowe jasne wykazywały najwyższą średnią zawartość fruktozy, miody rzepakowe i nektarowospadziowe charakteryzowały się najwyższą średnią zawartością glukozy, natomiast w miódach lipowych i spadziowych wykazano najwyższą średnią zawartość sacharozy. Najwyższą średnią zawartością proliny charakteryzowały się miody wrzosowe, najniższą rzepakowe i wielokwiatowe jasne. Wykazano umiarkowaną istotną dodatnią korelację pomiędzy współczynnikiem fruktoza/glukoza a zawartością proliny dla polskich odmianowych miódów pszczelich (rzepakowych, lipowych, gryczanych i wrzosowych, $r=0,56$), ale dość silną zależność ujemną dla miódów zagranicznych ($r=-0,76$).

Wnioski. Polskie odmianowe miody pszczele wykazują dodatnią korelację pomiędzy współczynnikiem fruktoza/glukoza a zawartością proliny w odróżnieniu do miódów odmianowych zagranicznych, gdzie korelacja była ujemna.

Słowa kluczowe: fruktoza, glukoza, sacharoza, prolina, naturalne miody pszczele

Introduction. Bee honey is a natural product made by the *Apis mellifera* honey bees. Its composition depends on the botanical origin, however, its two main ingredients include simple sugars and water. In contrast, the above normal proline content confirms its natural origin.

Aim. The determination of the content of fructose and glucose, sucrose and proline in samples of natural bee honey, and the search for the correlation between the analyzed parameters.

Material & Method. The study was conducted on 47 samples of natural bee honey. The determination of sugars and proline was carried out in accordance with the methodologies set out in the Regulation (Journal of Laws of 2009 No. 17, item 94, as amended) using the Agilent 1100 HPLC chromatograph with refractive index detector and the U-2001 spectrometer of Hitachi Instruments Inc.

Results. All analyzed natural honey samples met the requirements for the sum of fructose and glucose, as well as the maximum sucrose content, as defined in the Regulation (Journal of Laws of 2003 No. 181, item 1773, as amended) and the minimum proline content (PN-88/A-77626). Citrus honey and multiflorous light honey showed the highest average content of fructose; rape honey and nectar-honeydew honey were characterized by the highest average glucose content, while lime and honeydew honey demonstrated the highest average sucrose content. The highest average proline content was determined in heather honey, while the lowest in rape and multiflorous light honey. In addition, a moderate significant positive correlation between the fructose/glucose ratio and the proline content in Polish varietal samples of honey (rape, lime, buckwheat and heather, $r=0.56$) was shown, but a fairly strong negative correlation in the foreign honey samples ($r=0.76$).

Conclusion. Polish varietal bee honeys showed a positive correlation between the fructose/glucose ratio and the proline content in contrast to foreign varietal honeys, where the correlation was negative.

Key words: fructose, glucose, sucrose, proline, natural bee honey

Wprowadzenie

Naturalny miód pszczeli, zgodnie z definicją określoną w Rozporządzeniu, jest naturalnym słodkim produktem wytwarzanym przez pszczoły *Apis mellifera* przez łączenie z własnymi specyficznymi substancjami nektaru roślin lub wydzielin żywych części roślin lub wydalin owadów ssących soki żywych części roślin, składowanym, odparowywanym i pozostawionym do dojrzewania w plastrach [1]. Skład tego cennego pszczelego produktu Ashurt i Dennis [2] określają jako silnie stężony roztwór złożonej mieszaniny cukrów, często zawierający kryształy monohydratu glukozy, zawieszony w roztworze syropu. Zawartość cukrów prostych (glukozy i fruktozy) w wielokwiatowych miodach pszczelich waha się średnio w zakresie 65-75%, dwucukrów redukujących 0-15%, dwucukrów nieredukujących 0-10%, trójcukrów redukujących 0-3%, trójcukrów nieredukujących 0-10%. Zawartość pozostałych składników w omawianym produkcie pszczelim mieści się w następujących zakresach: woda 16-20%, białka ogółem 0,05-1%, kwasy 0,01-0,3%, olejki eteryczne 0,03-0,2%, barwniki 1,5-1,8% oraz witaminy 0-0,1% [3].

Fruktoza odpowiada m.in. za zdolności higroskopijne miodu [2]. Współczynnik fruktoza/glukoza może być wskaźnikiem autentyczności pochodzenia botanicznego tego produktu pszczelego. Miód pozyskany z *Brassica napus* L. powinien charakteryzować się niższą zawartością fruktozy i przez to krótszym czasem krystalizacji, podczas gdy pożytek pszczeli oparty na *Robinia pseudoacacia* L. służy do wytworzenia miodu, krystalizującego nawet po kilku latach [2]. Wysoka zawartość sacharozy, powyżej normy określonej w Rozporządzeniu, świadczy o zafałszowaniu miodu [1].

Cel

Określenie składu podstawowych cukrów (fruktozy, glukozy, sacharozy) i zawartości proliny w naturalnych odmianowych miodach pszczelich w odniesieniu do określonych pod tym względem wymogów [1] oraz poszukiwanie istotnych zależności pomiędzy badanymi parametrami.

Materiały i metody

Materiał do badań stanowiło 47 prób naturalnych miodów pszczelich, które pozyskano w latach 2012-2013. Próby pochodziły z Polski i innych krajów (Włochy, Dania, Nowa Zelandia).

Badaniem były objęte następujące odmiany naturalnych miodów pszczelich: lipowe (n=9), gryczane (n=7), rzepakowe (n=5), wielokwiatowe jasne (n=5), wielokwiatowe ciemne (n=5), nektarowo-spadziowe (n=4), wrzosowe (n=3), spadziowe (n=3) oraz zagraniczne koniczynowe (n=3) i cytrusowe (n=3).

Próby do analizy były zakwalifikowane po wykonaniu analizy pyłkowej, polegającej na określeniu udziału pyłku przewodniego w miodzie. Na podstawie pyłku roślinnego, który znajdował się w największej przewodzie, określono odmianę miodu [4].

Analizę składu cukrów wykonano z użyciem chromatografu cieczowego Agilent 1100, z wykorzystaniem detektora refraktometrycznego, według wymogów Rozporządzenia [4]. Równocześnie przygotowano, jak próby miodów, roztwory wzorcowe fruktozy, glukozy i sacharozy. Zastosowano prędkość przepływu fazy ruchomej (acetonitryl:woda – 80:20 v/v) 1,3 ml/min, a temperatura kolumny i detektora wynosiła 30°C. Po uzyskaniu chromatogramów, wyniki przeliczono zgodnie z wzorem określonym w Rozporządzeniu [4]. Oznaczenie proliny wykonano, po wyodrębnieniu jej z innych aminokwasów obecnych w miodzie, metodą spektrofotometryczną, z wykorzystaniem spektrofotometru U-2001 Hitachi Instruments Inc. Uzyskane wyniki porównano do norm, określonych w Rozporządzeniu [1]. Wyliczono współczynnik zawartości fruktozy do glukozy dla poszczególnych odmian miodów pszczelich. W przypadku oznaczenia zawartości fruktozy, glukozy i sacharozy wykonano po 2 powtórzenia, natomiast w przypadku oznaczenia zawartości proliny po 3 powtórzenia.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano z wykorzystaniem programu Statistica 10 StatSoft.

Wyniki

Wszystkie analizowane próby spełniały wymagania określone w Rozporządzeniu, dotyczące sumy fruktozy i glukozy, jak również żadna próba nie przekroczyła wartości dopuszczalnej, określonej dla sacharozy [1]. Średnia zawartość sumy fruktozy i glukozy dla wszystkich prób wynosiła $73,0 \pm 3$ g/100 g (min-max: 62,2-80,7 g/100 g), natomiast średnia zawartość sacharozy: $0,2 \pm 1$ g/100 g (min-max: 0,0-4,3 g/100 g). Najwyższą średnią zawartością fruktozy charakteryzowały się miody zagraniczne cytrusowe ($40,4 \pm 1$ g/100 g) i polskie miody wielokwiatowe jasne ($40,1 \pm 3$ g/100 g), co może być związane z różnorodnością botaniczną pyłków obecnych w miodach. Najniższą średnią zawartość fruktozy wykazano w miodach spadziowych ($35,8 \pm 2$ g/100 g). Najwyższą średnią zawartością glukozy charakteryzowały się miody: rzepakowe ($39,5 \pm 2$ g/100 g) i nektarowo-spadziowe ($37,7 \pm 1$ g/100 g), natomiast najniższą średnią zawartość glukozy wykazano w miodach spadziowych ($31,8 \pm 4$ g/100 g). Miody nektarowo-spadziowe wykazywały istotnie niższą sumę zawartości fruktozy i glukozy, w porównaniu do miodów rzepakowych, gryczanych i wrzosowych, natomiast miody spadziowe – istotnie niższą zawartość w porównaniu do

miodów rzepakowych. Miody zagraniczne cytrusowe ($0,7 \pm 0$ g/100 g) oraz polskie miody lipowe ($0,6 \pm 1$ g/100 g) wykazywały najwyższą średnią zawartość sacharozy. Nie wykazano obecności sacharozy na granicy wykrywalności $0,1$ g/100 g w miodach rzepakowych, gryczanych, wrzosowych, wielokwiatowych jasnych, nektarowo-spadziowych i koniczynowych ($0,0$ g/100 g). Istotności statystyczne przedstawiono w tabeli I i II (oznaczenia cyfrowe i liczbowe określają poszczególne odmiany – zgodnie z określeniami podanymi w pierwszej kolumnie).

Spośród wszystkich analizowanych prób, najwyższą średnią zawartość proliny (tab. II) wykazano w miodach wrzosowych ($76,3 \pm 9$ mg/100 g), nato-

miast najniższą w miodach rzepakowych ($28,3 \pm 2$ mg/100 g) oraz wielokwiatowych jasnych ($30,3 \pm 6$ mg/100 g). Wszystkie próby spełniały wymagania co do minimalnej zawartości proliny [5].

Wykazano umiarkowanie silną istotną korelację dodatnią ($r=0,56$) pomiędzy współczynnikiem fruktoza/glukoza a zawartością proliny w „czystych” polskich odmianowych miodach pszczelich (rzepakowych, lipowych, gryczanych, wrzosowych), ale dość silną ujemną korelację dla miodów zagranicznych ($r=-0,76$). Dla prób miodów, charakteryzujących się zawartością sacharozy powyżej $0,0$ g/100g, wykazano nieistotną korelację $-0,26$ pomiędzy ilością sacharozy a proliny (tab. II).

Tabela I. Średnia zawartość cukrów w poszczególnych odmianach naturalnych miodów pszczelich
Table I. Average sugar content in different varieties of natural bee honey

Odmiana miodów /Variety of honey	n	Zawartość badanych cukrów /Content of tested sugars [g/100 g] (*p<0,05)			
		Suma glukozy i fruktozy /Sum of Glucose and fructose $X_{gr} \pm SD$ (Min-Max)	Zawartość glukozy /Glucose content $X_{gr} \pm SD$ (Min-Max)	Zawartość fruktozy /Fructose content $X_{fr} \pm SD$ (Min-Max)	Zawartość sacharozy /Sucrose content $X_{sr} \pm SD$ (Min-Max)
1. Nektarowe polskie /Polish nectar honeys					
a) rzepakowe /rape	5	77,7±2 (75,5-80,7)	39,5±2 (37,9-41,6)	38,2-1 (37,6-39,1)	0,0±0 (0,0-0,0)
b) lipowe /lime	9	72,0±2 (68,0-74,8)	34,6±2 (31,5-38,6)* *p _{1a/1b}	37,4±1 (35,9-38,7)	0,6±1 (0,0-4,3)
c) gryczane /buckwheat	7	72,3±1 (69,7-73,2)* *p _{1a/1c}	33,7±1 (31,5-34,5)* *p _{1a/1c}	38,6±0 (38,2-38,9)* *p _{1b/1c}	0,0±0 (0,0-0,0)
d) wrzosowe /heather	3	72,4±1 (72,0-72,9)* *p _{1a/1d}	33,1±1 (32,6-33,5)* *p _{1a/1d}	39,3±0 (38,9-39,6)* *p _{1b/1d, 1a/1d, 1c/1d}	0,0±0 (0,0-0,0)
e) wielokwiatowe jasne /multiflorous light	5	75,9±3 (72,7-80,7)* *p _{1b/1e, 1c/1e, 3/1e, 4/1e}	35,8±4 (30,1-41,6)	40,1±3 (38,4-44,7)* *p _{1b/1e}	0,0±0 (0,0-0,0)
f) wielokwiatowe ciemne /multiflorous dark	5	72,6±3 (70,1-77,7)* *p _{1a/1f}	33,8±4 (30,9-40,2)* *p _{1a/1f}	38,8±1 (37,5-39,4)* *p _{1b/1f, 4/1f, 2h/1f}	0,2±0 (0,0-0,6)
Razem/Total	34	73,6±3 (68,0-80,7)	35,1±3 (30,1-41,6)	38,5±1 (35,9-44,7)	0,2±1 (0,0-4,3)
2. Nektarowe zagraniczne /Foreign nectar honeys					
g) koniczynowe /clover	3	74,3±1 (73,3-75,2)* *p _{1a/2g, 1c/2g, 1d/2g, 3/2g}	34,5±2 (32,7-35,6)* *p _{1a/2g, 3/2g}	39,8±1 (39,3-40,6)* *p _{1b/2g, 1a/2g, 1c/2g}	0,0±0 (0,0-0,0)
h) cytrusowe /citrus	3	74,7±1 (73,2-75,6)* *p _{1c/2h, 1d/2h, 3/2h}	34,3±1 (33,3-34,9)* *p _{1a/2h, 3/2h}	40,4±4 (39,9-40,7)* *p _{1b/2h, 1a/2h, 1c/2h, 1d/2h, 3/2h, 4/2h}	0,3±0 (0,0-0,7)* *p _{1c/2h}
Razem /Total	6	74,5±1 (73,2-75,6)	34,4±1 (32,7-35,6)	40,1±1 (39,3-40,7)	0,2±0 (0,1-0,8)
3. Nektarowo-spadziowe /Nectar-honeydew					
	4	69,5±1 (68,0-70,8)* *p _{1a/3, 1c/3, 1d/3}	37,7±1 (35,9-39,0)* *p _{1b/3, 1a/3, 1c/3}	37,7±1 (35,9-39,0)	0,0±0 (0,0-0,0)
4. Spadziowe /Honeydew					
	3	67,6±6 (62,2-73,9)* *p _{1a/4}	31,8±4 (29,0-35,9)* *p _{1a/4}	35,8±2 (33,2-38,0)* *p _{1c/4}	0,4±1 (0,0-1,1)
Ogółem /Total	47	73,0±3 (62,2-80,7)	34,5±3 (29,0-41,6)	38,5±2 (33,2-44,7)	0,2±1 (0,0-4,3)

Tabela II. Średnia zawartość proliny i współczynnik fruktoza/glukoza w poszczególnych odmianach naturalnych miodów pszczelich
Table II. Average proline content and fructose/glucose ratio in different varieties of natural bee honey

Odmiana miodów /Variety of honey	n	Zawartość proliny /Proline content [mg/100 g] *p<0,05 X _{sr} ±SD (Min-Max)	Współczynnik fruktoza/glukoza /Fructose/glucose ratio *p<0,05 X _{sr} ±SD (Min-Max)
1. Nektarowe polskie/ Polish nectar honeys			
a) rzepakowe /rape	5	28,3±2 (25,2-31,2)#	0,97±0,0 (0,94-1,01)#
b) lipowe /lime	9	40,0±15 (25,1-68,8)#	1,09±0,1 (0,94-1,18)*# *p _{1a/1b}
c) gryczane /buckwheat	7	53,7±8 (44,6-64,0)*# *p _{1a/1c}	1,15±0,0 (1,12-1,21)*# *p _{1a/1c, 1b/1c}
d) wrzosowe /heather	3	76,3±9 (68,2-86,3)*# *p _{1b/1d, 1a/1d, 1c/1d}	1,19±0,0 (1,16-1,21)*# *p _{1a/1d, 1b/1d}
e) wielokwiatowe jasne /multiflorous light	5	30,3±6 (25,1-45,4)* *p _{1c/1e, 1d/1e}	1,14±0,2 (0,94-1,49)
f) wielokwiatowe ciemne /multiflorous dark	5	41,7±8 (33,9-52,7)* *p _{1a/1f, 1c/1f, 1d/1f}	1,16±0,1 (0,93-1,27)* *p _{1a/1f}
Razem /Total	34	43,1±17 (25,1-86,3)	1,11±0,1 (0,93-1,49)
2. Nektarowe zagraniczne /Foreign nectar honeys			
g) koniczynowe /clover	3	45,1±9 (34,5-51,5)*‡	1,16±0,1 (1,11-1,24)*‡ *p _{1a/2g, 1d/2g}
h) cytrusowe /citrus	3	32,5±4 (29,8-36,6)*‡ *p _{1c/2h, 1d/2h}	1,18±0,0 (1,16-1,20)*‡ *p _{1a/2h}
Razem /Total	6	38,8±9 (29,8-51,5)	1,17±0,0 (1,11-1,24)
3. Nektarowo-spadziowe /nectar-honeydew			
4. Spadziowe /honeydew	3	45,8±17 (30,3-66,0)* *p _{1a/3, 1d/3}	1,19±0,1 (1,12-1,25)* *p _{1a/3, 1b/3}
Ogółem /Total	47	43,0±16 (25,1-86,3)	1,12±0,1 (0,93-1,49)

Korelacja pomiędzy zawartością proliny a współczynnikiem fruktoza/glukoza dla: # polskich miodów rzepakowych, lipowych, gryczanych, wrzosowych (r=0,56, p=0,004) i ‡ zagranicznych miodów koniczynowych i cytrusowych (r=-0,76, p=0,04) /Correlation between proline content and fructose/glucose ratio for: # Polish rape, lime, buckwheat and heather honeys (r=0,56, p=0,004) and ‡ for foreign clove and citrus honeys (r=-0,76, p=0,04)

Dyskusja

Zawartość fruktozy oraz glukozy w analizowanych próbach naturalnych miodów spadziowych była najniższa, w porównaniu do pozostałych odmian miodów. Tendencja ta jest zbliżona do wyników przedstawionych przez Escudero i wsp. [6], którzy wykazali zawartość fruktozy na poziomie 32,9 g/100 g, natomiast zawartość glukozy 23,2 g/100 g.

Dla sześciu analizowanych odmian miodów (rzepakowych, gryczanych, wrzosowych, wielokwiatowych jasnych, nektarowo-spadziowych oraz koniczynowych) wykazano zawartość sacharozy poniżej poziomu jej wykrywalności (0,0 g/100 g). Natomiast Escudero i wsp. wykazali dla wszystkich odmian miodów hiszpańskich zawartość sacharozy na poziomie wyższym od zera (0,2-2,3 g/100 g) [6].

Zawartość proliny w zagranicznych miodach cytrusowych była istotnie niższa (32,5±4 g/100 g), w porównaniu do miodów wrzosowych i gryczanych, ale jej wyższą zawartość (59,1±3 g/100 g) w miodzie pomarańczowym pozyskanym w Tunezji wykazał Boussaid i wsp. [7].

Średni współczynnik fruktoza/glukoza dla wszystkich analizowanych odmian wynosił 1,12 i zawierał się w zakresie od 0,97 dla miodów rzepakowych do 1,19 dla miodów wrzosowych i nektarowo-spadziowych. Al i wsp. [8] wykazali współczynnik ten powyżej 1,00 dla wszystkich prób miodów spadziowych. Dla miodów lipowych wynosił on w pracy ww. autorów odpowiednio dla poszczególnych prób: 1,07; 0,96; 1,18 oraz 1,04, podczas gdy nasze analizy wykazały współczynnik powyżej 1,00 dla 89% analizowanych miodów lipowych. Przeprowadzone przez nas oznaczenia pozwalają również wysunąć tezę, że im później miód nektarowy został przez pszczoły wytworzony, tym charakteryzuje się wyższym współczynnikiem fruktoza/glukoza (tab. II).

Ujemna korelacja pomiędzy współczynnikiem fruktoza/glukoza a zawartością proliny dla miodów zagranicznych (r=-0,76) może świadczyć o podkarmianiu lub dokarmianiu pszczół syropem glukozowo-fruktozowym (HFCS). Publikacje pochodzące z lat 80. XX w. podnosiły tę kwestię i już wówczas istniały zalecenia, żeby pszczół nie dokarmiać syropem [9]. Sammataro i Weiss [10] wykazali szkodliwy wpływ syropu HFCS na średnią masę rodzin pszczelich, która była znacznie niższa (4,65 kg) niż pszczół karmionych sacharozą (8,27 kg). Dodatkowym zagrożeniem, wynikającym ze stosowania długo przechowywanego syropu glukozowo-fruktozowego, może być wysoka zawartość HMF (hydroksymetylofurfuralu) [10].

Wnioski

Wszystkie oceniane miody pszczele spełniały wymogi normy względem wartości badanych cukrów i proliny. Polskie miody odmianowe (rzepakowe, lipowe, gryczane, wrzosowe) wykazały dodatnią korelację pomiędzy współczynnikiem fruktoza/glukoza a zawartością proliny w odróżnieniu do zagranicznych miodów odmianowych (koniczynowe, cytrusowe), gdzie korelacja ta jest ujemna.

Piśmiennictwo / References

1. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 3 października 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej miodu (Dz.U. z 2003 r. nr 181, poz. 1773).
2. Molan PC. Authenticity of honey. [in:] Food authentication. Ashurst PR, Dannis MJ (eds). Blackie Academic & Professional, London 1996: 259-303.
3. Wilde J. Encyklopedia pszczelarska. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2013: 171.
4. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 stycznia 2009 r. w sprawie metod analiz związanych z dokonywaniem oceny miodu (Dz.U. z 2009 r. nr 17, poz. 94 z późn. zm.).
5. Polska Norma Miód Pszczeli, PN-88/A-77626, 1988.
6. Escudero O, Dobre I, Fernández-González M, Carmen Seijo M. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. Food Chem 2014, 149: 84-90.
7. Boussaid A, Chouaibi M, Rezig L, et al. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. Arab J Chem 2014.
8. Al ML, Daniel D, Moise A, et al. Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. Food Chem 2009, 112: 863-867.
9. Rinderer TE, Baxter JR. Honeybee *Apis mellifera* hoarding of high-fructose corn syrup and cane sugar syrup. Am Bee J 1966, 120(2): 817-818.
10. Sammataro D, Weiss M. Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or High Fructose Corn Syrup. J Insect Sci 2013, 13(1): 1-13.