

La “viscosità”: parametro di qualificazione del burro Superiore F.lli Brazzale e dei “Burroaroma” per un’ottimale standardizzazione e destinazione d’uso.

(Rev.1)

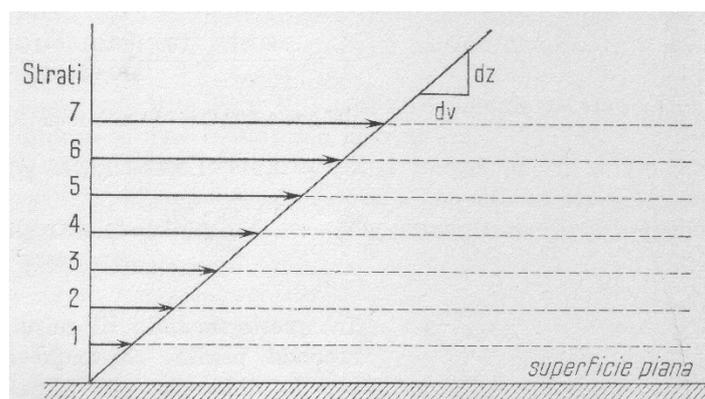
Fernando Tateo & Monica Bononi – Di.S.A.A – UniMi

Giovanni Brazzale, Laura Boscolo, Elena Cumerlato – Brazzale Science Center

1.0 Principi di viscosimetria

La “viscosità” è una caratteristica di una materia allo stato fluido ed è una grandezza misurabile valutando l’attrito che varie particelle del fluido incontrano nell’atto di scorrere le une sulle altre. L’attrito è conseguente alla composizione chimica della materia fluida, in quanto relazionabile all’aderenza dell’una particella di materia rispetto all’altra che vi scorre al fianco. In tal senso la viscosità risulta essere una definita caratteristica dei singoli fluidi, caratteristica che condiziona il diverso comportamento degli stessi anche in una preparazione alimentare che contiene altri costituenti. Poiché risulta complessa l’operazione di misura dell’attrito incontrato da una singola particella di liquido nell’atto di scorrere sulla particella adiacente, si conviene di assimilare il comportamento di una particella al comportamento di un insieme di particelle costituenti uno strato. Lo strato si deve intendere come molto sottile ed interfacciato a molti altri strati, sì che la massa fluida, in regime di assenza di turbolenza deve immaginarsi costituito da una massa lamellare.

Figura 1



Facendo riferimento alla figura 1, si consideri che in assenza di turbolenza, lo strato 1 che è a diretto contatto con la superficie piana, resta quasi fermo. La velocità degli strati successivi parte dal valore ca.0 e raggiunge il valore massimo nello strato più lontano dalla superficie piana. Le frecce riportate in figura 1 rappresentano dunque dei vettori che indicano la variazione lineare della velocità. Su



ognuno degli strati agiscono quindi due forze: la prima si identifica con l'azione di trascinamento da parte dello strato immediatamente superiore, la seconda è una forza opposta, ritardatrice, costituita dall'azione dello strato inferiore.

La risultante delle due forze risulta direttamente proporzionale al gradiente di velocità ed alla superficie di contatto S e si esprime come segue:

$$F = \eta S \, dv/dz$$

La costante di proporzionalità “ η ” si identifica con la viscosità assoluta (detta anche dinamica) ed è pari ad F (forza risultante) quando $S = 1$ e $dv/dz = 1$.

Tale forza è quella che si stabilisce fra due strati paralleli di un fluido in moto laminare quando uno degli strati si muove rispetto all'altro con velocità unitaria.

L'unità di misura è quella di (g/cm/sec) e si denomina “*poise*”.

Trasferendo il concetto ad una preparazione alimentare che si identifichi con un impasto di “farina, acqua, materia grassa”, si può facilmente immaginare come il fluido “materia grassa” condizioni la malleabilità dell'impasto risultante non soltanto per la quantità impiegata ma anche in funzione dell'attrito della materia grassa sull'impasto “acqua/farina”. Per esemplificare ancora, se la materia grassa è costituita da olio d'oliva la malleabilità dell'impasto finale risulterà dipendente dalla viscosità dell'olio e sarà diversa da quella ottenuta impiegando burro invece che olio.

Poiché i caratteri fisici di un impasto condizionano anche la fermentescibilità degli stessi, la loro plasticità e il loro comportamento alla laminazione oltre che lo sviluppo in volume e quindi la consistenza finale pre- e post- cottura, e considerato che questi caratteri sono correlati alla struttura delle parti intime degli impasti, risulta immaginabile come piccole differenze nella “viscosità” della materia grassa impiegata siano condizionanti del risultato finale nella preparazione di un prodotto da forno, lievitato o non lievitato che sia.

Per meglio comprendere quanto sia condizionante il valore di viscosità di un fluido nei riguardi del suo comportamento (ad es. al contatto con altre materie) occorre aggiungere che deve distinguersi fra “viscosità assoluta” (o “viscosità dinamica”), “viscosità cinematica” e “viscosità relativa”. Inoltre è da tener presente che i valori di viscosità sono dipendenti dalla temperatura: di norma i valori di viscosità diminuiscono all'aumentare della temperatura. Peraltro, due fluidi che si crede abbiano comportamento simile perché caratterizzati ambedue da un valore molto prossimo di “viscosità assoluta (della anche “dinamica)” ad un definito valore di temperatura, possono non comportarsi in modo simile ad altra temperatura. Pertanto lo studio di una materia grassa, ad esempio, ed il paragone

con altra apparentemente simile, va eseguito studiando la mutazione dei valori di viscosità lungo tutta una serie di dati di temperatura.

La relazione “viscosità/temperatura” eseguita con appositi viscosimetri può consentire quindi di caratterizzare in modo molto più puntuale il comportamento di una materia grassa rispetto ad un’altra e metterne in luce differenze che il confronto di un solo valore di viscosità assoluta non consente di evidenziare. Nello stesso senso non si può considerare utile un valore di “temperatura di fusione” in quanto la struttura cristallina del burro, che muta con la temperatura, non consente di definire un mutamento di fase “solido/liquido” identificabile con una sola definita temperatura: il passaggio di stato ha infatti luogo entro un “range di temperature”. Una definizione significativa del comportamento reologico del burro alla fusione (e quindi alla solidificazione) è soltanto possibile attraverso la misura dei valori di viscosità corrispondenti a definiti valori di temperatura.

Ovvio è che differenze di viscosità fra materie fluide diverse possono non evidenziarsi esclusivamente attraverso misure di viscosità dinamica ma evidenziarsi attraverso misure di viscosità cinematica o di viscosità relativa.

2.0 Le misure di viscosità



Poiché risulta complessa l’operazione di misura dell’attrito incontrato da una singola particella di liquido nell’atto di scorrere sulla particella adiacente, si conviene di assimilare il comportamento di una particella al comportamento di un insieme di particelle costituenti uno strato. Lo strato si deve intendere come molto sottile ed interfacciato a molti altri strati, sì che la massa fluida, in regime di assenza di turbolenza deve immaginarsi costituito da una massa lamellare.

Fase operativa 1). Con l’impiego di un viscosimetro ad alta risoluzione (Visco QC 300L - Series Rotational Viscometer – Anton Paar), adottato in “*Brazzale Science Center*” la determinazione della viscosità dinamica viene eseguita su burro fuso, di cui si introducono 17 g nel vano cilindrico termostato con Peltier in cui è posizionata la girante di misura. Alla temperatura di 50°C, regolata

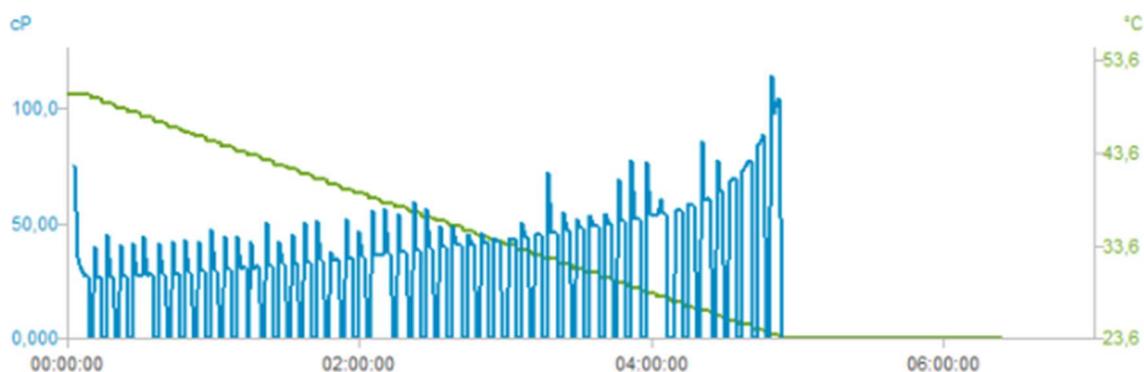


dal termostato Peltier perché possa essere ridotta fino a 20°C in 60 step da 1 minuto cad, si inizia la registrazione dei dati in cP (*centipoise*), regolando la velocità del rotore della girante sul valore costante di 10 rpm.

Fase operativa 2). Si registra il grafico prodotto dal viscosimetro, ottenendo una sequenza di barre identificative degli step di misura che consentono di individuare il valore della viscosità dinamica in corrispondenza della temperatura del burro contenuto nel vano in cui è immersa la girante. I valori di viscosità risultano ovviamente incrementati con il decremento della temperatura. La figura seguente mostra il tracciato di cui sopra e parte della tabella che riporta i valori correlati di cP e di °C. Notare che il grafico si arresta in corrispondenza dell'arresto della girante di misura, condizione in cui non risulta più possibile, per la consistenza raggiunta dal burro solidificato, rilevare un valore di viscosità significativo (velocità rpm = 0). Nel caso esemplificato in figura il massimo valore di viscosità si assesta su 106,1 cP in corrispondenza della temperatura 24,1°C. Questi dati si desumono numericamente dalla tabella prodotta dal viscosimetro: per semplificazione se ne riporta distintamente la parte iniziale e finale. **Tabella 1**

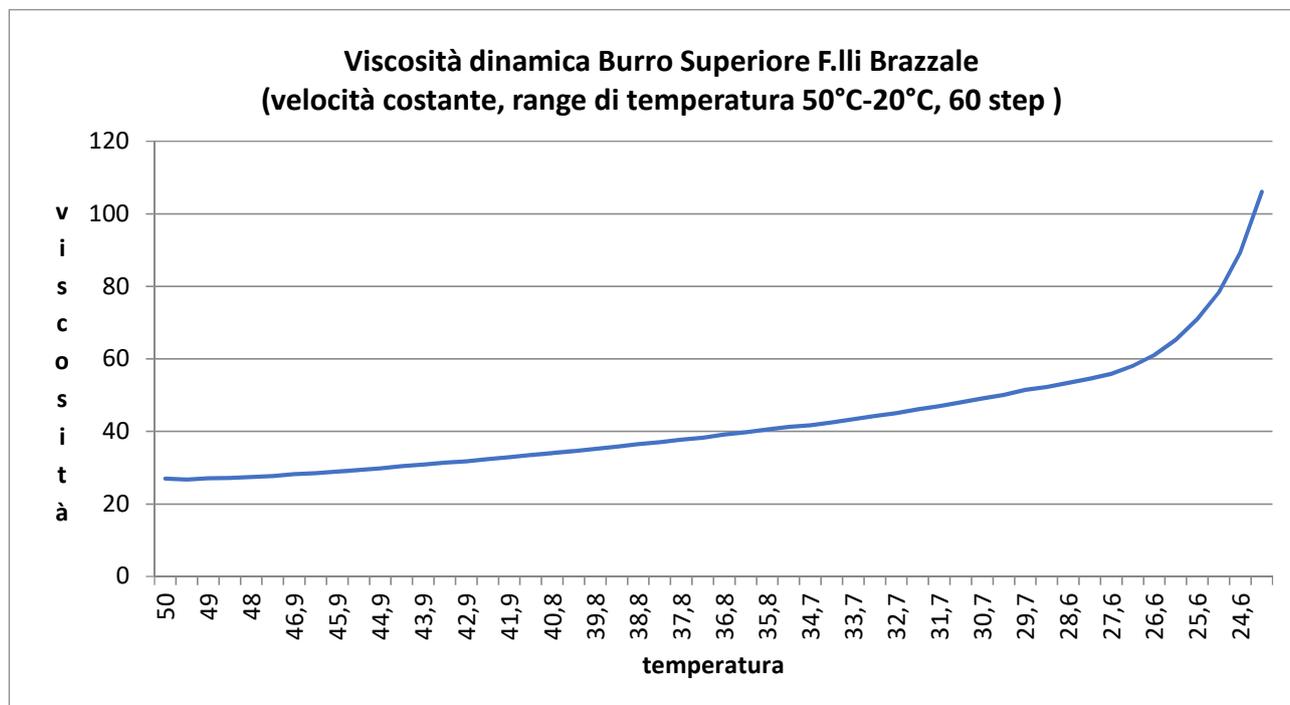
Vis. Din.	Velocità	Mom. torcente	Tempo di esec.	Temp.	Vis. Cin.	Vel. di Taglio	Sforzo di Taglio	Deformazione	TR	W/E
cP	rpm	%	hh:mm:ss	°C	mm ² /s	1/s	N/m ²	rad	%	
26,99	10,0	23,6	00:01:00	50,0	26,99	12,91	0,348	—	0,0	—
26,76	10,0	23,4	00:01:00	49,5	26,76	12,91	0,345	—	0,0	—
27,10	10,0	23,7	00:01:00	49,0	27,10	12,91	0,350	—	0,0	—
27,22	10,0	23,8	00:01:00	48,5	27,22	12,91	0,351	—	0,0	—
27,45	10,0	24,0	00:01:00	48,0	27,45	12,91	0,354	—	0,0	—
27,68	10,0	24,2	00:01:00	47,5	27,68	12,91	0,357	—	0,0	—
28,25	10,0	24,7	00:01:00	46,9	28,25	12,91	0,365	—	0,0	—
28,48	10,0	24,9	00:01:00	46,4	28,48	12,91	0,368	—	0,0	—
28,93	10,0	25,3	00:01:00	45,9	28,93	12,91	0,373	—	0,0	—
29,39	10,0	25,7	00:01:00	45,4	29,39	12,91	0,379	—	0,0	—
43,34	10,0	37,9	00:01:00	33,7	43,34	12,91	0,559	—	0,0	—
44,26	10,0	38,7	00:01:00	33,2	44,26	12,91	0,571	—	0,0	—
45,06	10,0	39,4	00:01:00	32,7	45,06	12,91	0,582	—	0,0	—
46,09	10,0	40,3	00:01:00	32,2	46,09	12,91	0,595	—	0,0	—
47,00	10,0	41,1	00:01:00	31,7	47,00	12,91	0,607	—	0,0	—
48,03	10,0	42,0	00:01:00	31,2	48,03	12,91	0,620	—	0,0	—
49,06	10,0	42,9	00:01:00	30,7	49,06	12,91	0,633	—	0,0	—
50,09	10,0	43,8	00:01:00	30,2	50,09	12,91	0,647	—	0,0	—
51,46	10,0	45,0	00:01:00	29,7	51,46	12,91	0,664	—	0,0	—
52,26	10,0	45,7	00:01:00	29,2	52,26	12,91	0,675	—	0,0	—
53,41	10,0	46,7	00:01:00	28,6	53,41	12,91	0,689	—	0,0	—
54,55	10,0	47,7	00:01:00	28,1	54,55	12,91	0,704	—	0,0	—
55,92	10,0	48,9	00:01:00	27,6	55,92	12,91	0,722	—	0,0	—
58,10	10,0	50,8	00:01:00	27,1	58,10	12,91	0,750	—	0,0	—
61,07	10,0	53,4	00:01:00	26,6	61,07	12,91	0,788	—	0,0	—
65,30	10,0	57,1	00:01:00	26,1	65,30	12,91	0,843	—	0,0	—
71,02	10,0	62,1	00:01:00	25,6	71,02	12,91	0,917	—	0,0	—
78,45	10,0	68,6	00:01:00	25,1	78,45	12,91	1,013	—	0,0	—
89,32	10,0	78,1	00:01:00	24,6	89,32	12,91	1,153	—	0,0	—
106,1	10,0	92,8	00:01:00	24,1	106,1	12,91	1,370	—	0,0	—
>>>	10,0	>>>	00:00:00	23,6	>>>	12,91	>>>	—	0,0	01
>>>	0,00	>>>	00:00:00	23,6	>>>	12,91	>>>	—	0,0	01

Figura 2



Fase operativa 3) I dati della tabella registrati dal viscosimetro (Viscosità dinamica vs Temperatura) vengono riportati su Excel, consentendo così di realizzare un grafico a linea (figura 3) e di calcolare i valori di Δ cP.

Figura 3



Si riporta qui di seguito la tabella 2, utile per la individuazione del punto di incipiente solidificazione (IS), che esprime i valori di “ ΔcP ” insieme ai valori di temperatura in $^{\circ}C$ e di viscosità dinamica cP.

Tabella 2

ΔcP	VISCOSITA' DINAMICA	TEMPERATURA
	cP	$^{\circ}C$
	26,99	50
-0,23	26,76	49,5
0,34	27,10	49
0,12	27,22	48,5
0,23	27,45	48
0,23	27,68	47,5
0,57	28,25	46,9
0,23	28,48	46,4
0,45	28,93	45,9
0,46	29,39	45,4
0,46	29,85	44,9
0,57	30,42	44,4
0,46	30,88	43,9
0,57	31,45	43,4
0,34	31,79	42,9
0,57	32,36	42,4
0,58	32,94	41,9
0,57	33,51	41,4
0,57	34,08	40,8
0,46	34,54	40,3
0,68	35,22	39,8
0,58	35,80	39,3
0,68	36,48	38,8
0,57	37,05	38,3
0,69	37,74	37,8
0,57	38,31	37,3
0,8	39,11	36,8
0,69	39,80	36,3
0,8	40,60	35,8
0,68	41,28	35,3
0,46	41,74	34,7
0,8	42,54	34,2
0,8	43,34	33,7
0,92	44,26	33,2
0,8	45,06	32,7
1,03	46,09	32,2
0,91	47,00	31,7
1,03	48,03	31,2
1,03	49,06	30,7
1,03	50,09	30,2
1,37	51,46	29,7
0,8	52,26	29,2
1,15	53,41	28,6
1,14	54,55	28,1
1,37	55,92	27,6
2,18	58,10	27,1
2,97	61,07	26,6
4,23	65,30	26,1
5,72	71,02	25,6
7,43	78,45	25,1
10,87	89,32	24,6
16,78	106,10	24,1

I valori di viscosità seguono un incremento crescente con la riduzione della temperatura, con tendenza assimilabile ad una retta fino al punto in cui l’andamento di viscosità cP inizia a divenire iperbolico. Tale punto corrisponde alla Temperatura alla quale il valore di ΔcP assume un valore compreso nell’intervallo $0,92 \div 1,03$ cP, che nel caso in esempio corrisponde a $IS = 33,2 \div 32,7$ (IS, *punto di incipiente solidificazione*).

Il valore di ΔcP da tale punto in poi assume valori quasi costanti e molto prossimi a $1,00 \pm 0,3$ ed assumere successivamente valori che raggiungono anche 1,4 per poi crescere ancor più decisamente

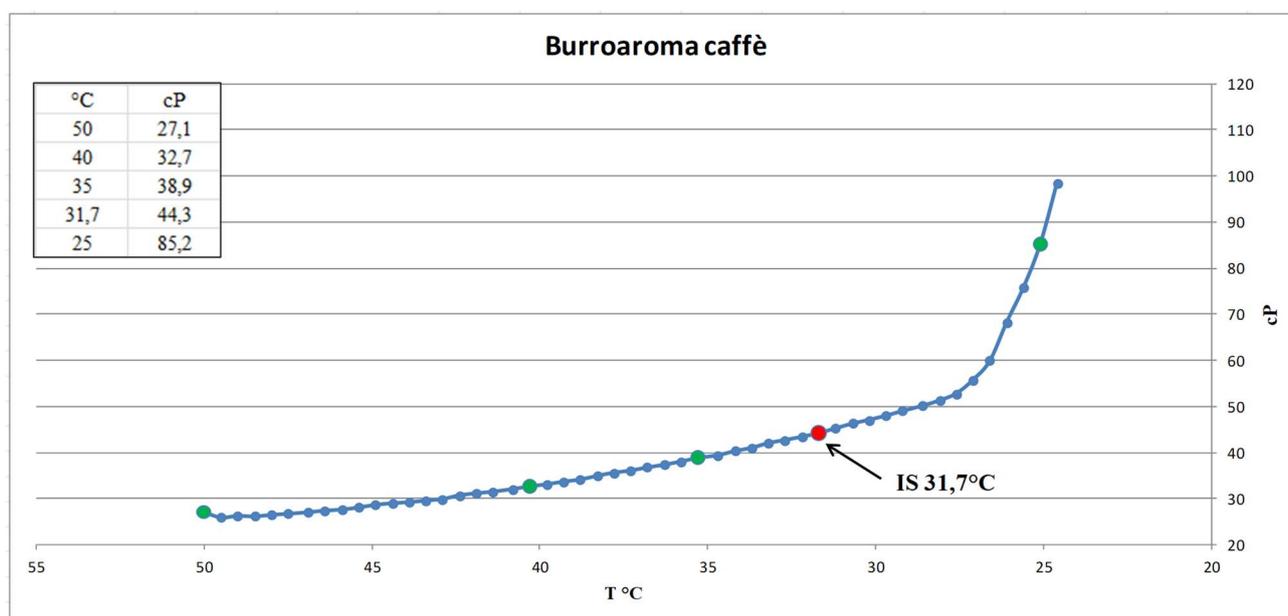
raggiungendo i valori di 10,0 e oltre. Dal valore di T(°C) 33,2 ÷ 32.7 risulta evidente l'inizio della curva ad andamento iperbolico. Inizia in tal punto il processo di cristallizzazione.

Ai fini della identificazione del comportamento di un burro in fase di lavorazione, ed anche per riferimento o paragone fra burri diversi, risulta utile riportare in scheda tecnica i valori di viscosità misurati a 50°C, 40°C, 35°C, IS, 25°C.

3.0 Esempi di viscosimetria su alcuni “Burroaroma”

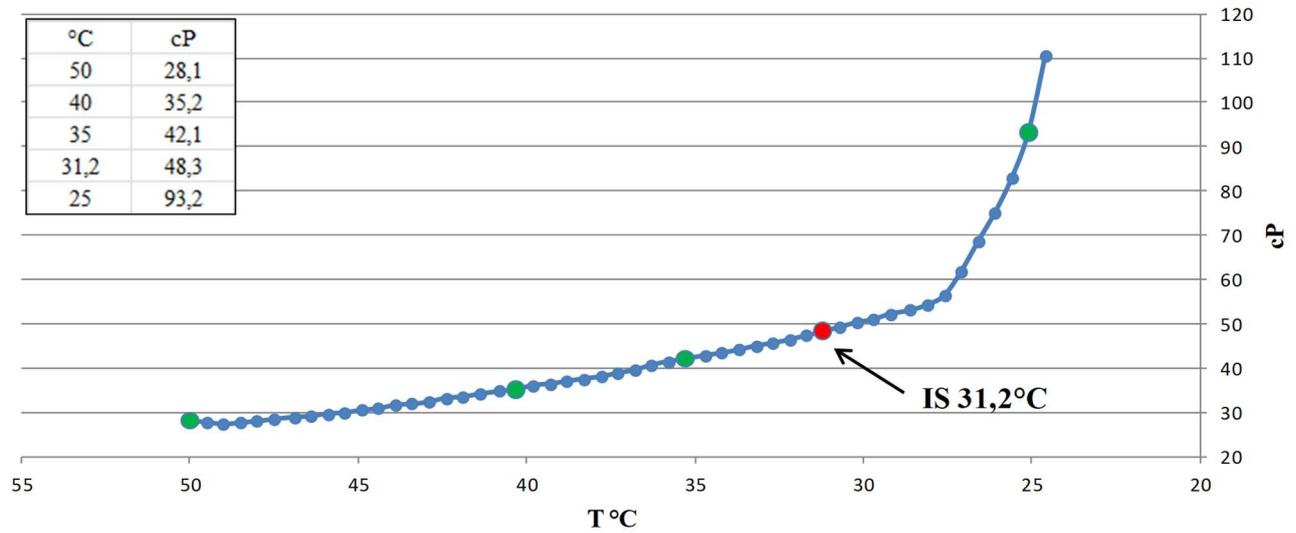
L'esempio di studio di viscosità riportato nelle pagine precedenti è stato eseguito esaminando un Burro Superiore F.lli Brazzale.

In seguito si espongono i risultati di viscosimetria relativi a Burroaroma “Caffè” “Cioccolato”, “Citrico” e “Vaniglia”. I dati riportati sono quelli delle curve di viscosità dinamica in funzione della temperatura, ove compaiono anche i dati di IS (Incipiente solidificazione), corredati dalle relative tabelle di viscosità misurati alle temperature di 50°C, 40°C, 35°C, IS, 25°C. Tali dati sono di utilità pratica e correlabili alle tecnologie di trasformazione nell'arte pasticceria come a livello di trasformazione industriale.



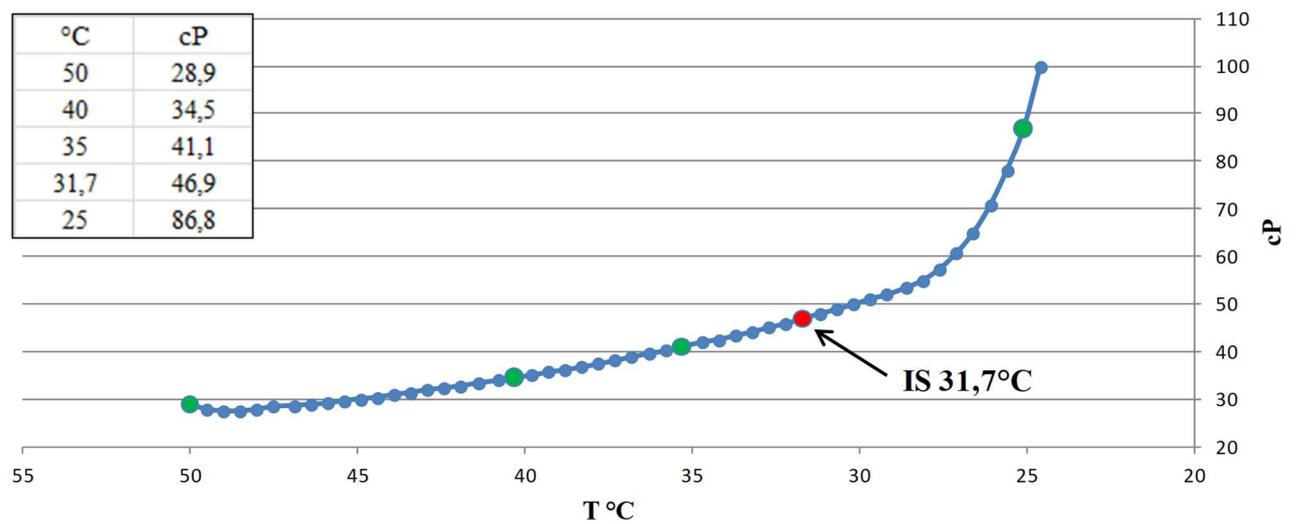
Burroaroma cioccolato

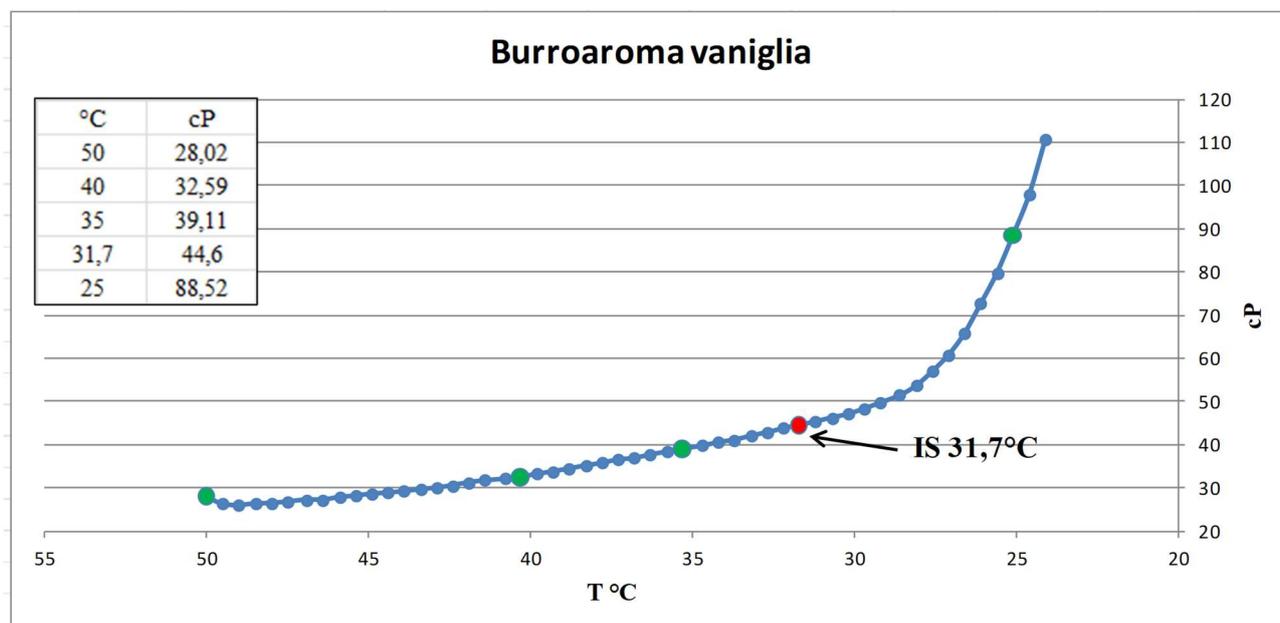
°C	cP
50	28,1
40	35,2
35	42,1
31,2	48,3
25	93,2



Burroaroma citrico

°C	cP
50	28,9
40	34,5
35	41,1
31,7	46,9
25	86,8





Conclusioni

Il testo esprime informazione puntuale sulla tecnica di misura della viscosità nel burro. Il contenuto è stato aggiornato come Rev.1 rispetto al testo pubblicato in Versione iniziale, per una più semplice interpretazione delle modalità di gestione dei dati da viscosimetro, con arricchimento dei dati derivati sia da Burro Superiore F.lli Brazzale sia da prodotti Burroaroma di più recente produzione.