

Vermeidung wärmebedingter Trübungen mittels gezielter Wärmebehandlung bei Apfelsaft

Manfred Gössinger^{1*}, Annalena Schaber¹, Vladimir Ilberg², Monika Graf¹ und Helen Murray¹

¹Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau
Wiener Straße 74, A-3400 Klosterneuburg

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie
Am Hofgarten 4, D-85354 Freising

*Korrespondierender Autor: manfred.goessinger@weinobst.at

Zusammenfassung

Wärmebedingte Trübungen (z.B.: thermolabiles Eiweiß) in Fruchtsäften und (Obst)weinen wird in der Praxis heute meist mittels Schönungsmittelleinsatz (z.B.: Bentonit) vermieden. Eine mögliche Alternative dazu wäre eine gezielte Erhitzung des Saftes. Derzeit sind keine Kennwerte zur optimalen Erhitzung für eine ausreichende Stabilisierung bekannt. Weiters gibt es in der Literatur sehr unterschiedliche Empfehlungen hinsichtlich der Temperatur und Haltezeit beim Stabilitätstest. Ziel dieser Untersuchung ist die Charakterisierung der Trübungsneigung von blankem Apfelsaft, sowie die Optimierung des Stabilitätstests (Wärmetest) zur Prüfung auf Stabilität hinsichtlich sekundärer wärmebedingter Trübungen. Im Labormaßstab wurden die notwendige Temperatur und Haltezeit für zwei Apfelsäfte bestimmt, sowie die D-Werte und z-Werte berechnet. Auf Basis der Ergebnisse dieser Untersuchungen wird für den Stabilitätstest von Apfelsäften eine Temperatur von 75 °C und 5 Minuten Haltezeit empfohlen. Die Untersuchung der Trübungsneigung der Apfelsäfte ergab einen durchschnittlichen D-Wert von 25,6 min bei 60 °C und einem durchschnittlichen z-Wert von 19,1 °C. In Analogie zum F-Wert (Sterilisationswert) wurde ein T-Wert (Trübungsneigung) von 1,6 Minuten bei 80 °C berechnet. Diese Werte sind eine erste Grundlage zur Bestimmung des notwendigen Wärmeinsults (Temperatur und Haltezeit) zur Vermeidung von unerwünschten wärmebedingten Nachtrübungen während der Lagerung von Fruchtsäften und (Obst)weinen.

Schlagerwörter: Apfelsaft, Trübungen, thermische Behandlung, D-Wert, z-Wert, Stabilitätstest

Abstract

Avoiding secondary haze due to heat by suitable heat treatment of apple juice. Fining agents, such as bentonite, are usually added to fruit juices and fruit-wines by processors in order to avoid secondary haze due to heat caused by (for example) thermolabile proteins. A suitable heat treatment may be an alternative to fining agents, however, currently there are no metrics known to find the right heat treatment for stabilisation. Moreover, in literature there are conflicting recommendations regarding the optimal temperature and holding time for the stability tests (heating test). The goal of this work was to characterise the impact of a heat treatment to reduce the potential secondary haze formation in clear

apple juice, as well as to find the optimal temperature and holding time for the stability test. These trials were carried out on a lab-scale and D-values and z-values of haze avoidance were determined. Based on this data for the stability test a temperature of 75 °C and a holding time of 5 minutes are recommended for apple juices. The calculations resulted in an average D-value of 25.6 minutes at 60°C and an average z-value of 19.1 °C. This data is the first step in determining the necessary temperature and holding time of heat treatments to avoid secondary haze in fruit juices and fruit-wines.

Keywords: apple juice, haze, heat treatment, D-value, z-value, stability test

Einleitung

Die Trübungsneigung von Fruchtsäften und (Obst)weinen hängt von vielen Faktoren ab (Tabilo-Munizaga et al., 2014). Neben der Matrix (z.B.: pH-Wert, Redoxpotential, Alkoholgehalt) sind vor allem die Proteine (Gehalt und Struktur), Polysaccharide und Phenole, bedingt durch Herkunft, Witterung und Reifegrad, für die Trübungen während des Herstellungsverfahrens und der Lagerung verantwortlich (Tajchakavit and Boye, 2001; Wall et al., 1996; Will et al., 2019; IFU, 2022, Meier et al., 2016). Der Einsatz von Enzympräparaten kann die Matrix merkbar verändern und die Stabilität beeinflussen. Bei blankem Apfelsaft sind jedoch von den in der Praxis beobachteten Trübungen jene nach einer thermischen Behandlung (z.B.: Pasteurisation) besonders oft beschrieben. Als eine Hauptursache für thermisch verursachte Trübungen wird dabei thermolabiles Eiweiß gesehen, meist aber kombiniert mit Reaktionen der Proteine mit phenolischen Substanzen (Will, 2019; Schobinger, 2001; IFU, 2022). Diese Trübungen treten oft erst nach der Füllung in der Flasche auf („sekundäre Trübungen“). Dies führt zu hohen Kosten und Arbeitsaufwand, wenn diese Produkte wieder vom Markt genommen werden müssen.

Die Vermeidung von Nachtrübungen in den Produkten ist ein wichtiges Ziel bei der Herstellung von blanken Fruchtsäften und (Obst)weinen. Auf Grund der unterschiedlichen Matrix von Obstarten und Sorten sowie unterschiedlichen Herstellungsverfahren ist die Stabilisierung vor allem hinsichtlich thermisch bedingter

Nachtrübungen immer wieder Gegenstand von Forschungsarbeiten (Tabilo-Munizaga et al., 2014; Sommer-Miszori und Fischer, 2005).

In der Praxis werden Säfte zur Vermeidung thermisch bedingter Nachtrübungen üblicherweise im Zuge der Herstellung von Fruchtsäften und Obstweinen entweder mit Schönungsmitteln (z.B.: Bentonit) behandelt oder erhitzt (IFU, 2022). In beiden Fällen gibt es im Zuge der Fruchtsaftherstellung keine genauen Angaben, wie die Schönung (Menge) bzw. die Erhitzung erfolgen muss, um den jeweiligen Saft für die Stabilität ausreichend aber nicht zu intensiv zu behandeln. Im Weinbereich hat sich der Bentotest hinsichtlich der Überprüfung der Stabilität (thermolabiles Eiweiß) etabliert. Im Saftbereich ist die optimale Schönungsmittelmenge nur durch Vortests (aufwändig und zeitintensiv) zu ermitteln (IFU, 2022). Um die Stabilität hinsichtlich Trübungen im Saft während der Lagerung zu bestimmen, wird in der Praxis ein Stabilitätstest empfohlen, der aus einem Wärmetest (Wärmebehandlung) und einem Kältetest (Kältebehandlung) besteht. Die dafür empfohlenen Temperaturen und Haltezeiten variieren jedoch je nach Quelle deutlich.

Die empfohlene Wärmemenge (Temperatur, Haltezeit), die zur erfolgreichen Stabilisierung erforderlich ist, wird in der Literatur nicht beschrieben. Ein Anhaltspunkt könnten die empfohlenen Stabilitätstests (Wärmetests) sein, die von verschiedenen AkteurInnen auf dem Markt angegeben werden. Auf Grund der vielen Einflussfaktoren ist die Vorhersage der Stabilität

mittels Stabilitätstests aber auch sehr schwierig. Die in der Literatur beschriebenen Stabilitätstests (Wärmetests) unterscheiden sich daher erheblich hinsichtlich Erhitzungstemperatur und –dauer (95 °C, 10 Minuten (IFU, 2017) und 75 °C, ohne Angabe einer Dauer (Schobinger, 2001) bis 65 °C, 14 Stunden (Kernobst) (Schmelzer, 2021). Auch bei den Kältetests werden in der Literatur unterschiedliche Angaben hinsichtlich der erforderlichen Temperaturen und Haltezeiten gemacht. Kältebedingte Trübungen treten jedoch in der Praxis wesentlich seltener auf als wärmebedingte Trübungen (Schobinger, 2001). Der Kältetest ist üblicherweise Teil der Stabilitätstests, aber nicht Gegenstand dieser Untersuchungen.

In der Literatur werden auch zunehmend Versuche mit speziellen Enzymzubereitungen zur Reduktion thermisch instabiler Proteine und damit zur Vermeidung von Trübungen beschrieben (Marangon et al., 2012). Diese finden in der Praxis jedoch bis heute kaum Anwendung.

Als Kennwerte für die Stabilität von Mikroorganismen, Proteinen (Enzyme), Vitaminen u.a. im Zuge der thermischen Behandlung von Produkten werden in der Literatur meist der D-Wert (Dezimale Reduktionszahl – Dauer der Erhitzung bei einer bestimmten Temperatur und Matrix, die für eine 90% Reduktion eines Faktors (z.B.: bestimmter Mikroorganismus) notwendig ist und der z-Wert (Temperaturerhöhung um in einem Zehntel der Zeit den gleichen Effekt des D-Wertes bei einer bestimmten Bezugstemperatur zu erreichen) verwendet (Krämer, 2011). Zur Charakterisierung der Trübungsneigung von Fruchtsäften und (Obst)weinen kann eventuell in Anlehnung an den D-Wert für die Mikroorganismenabtötung bzw. Enzyminaktivierung das gleiche mathematische Modell zur Änderung des Trübungswertes über einen definierten Zeitraum herangezogen werden. Generell werden Produkte bis zu einer

Erhöhung des Trübungswertes im Zuge der Lagerung bzw. thermischen Behandlung oder Stabilitätstests bis 1 NTU als stabil bezeichnet (Novozymes, 2001).

In dieser Arbeit soll untersucht werden, welche thermische Behandlung (Temperatur und Haltezeit) notwendig ist um die Entstehung von thermisch bedingten Trübungen in blankem Apfelsaft zu vermeiden. Dabei sollen auch die Bedingungen des Stabilitätstests (Wärmetest) für Apfelsaft optimiert und die Kennwerte D-Wert und z-Wert ermittelt werden.

Material und Methoden

Rohmaterial und Safterstellung

Für die Untersuchungen wurden gesunde überreife Äpfel der Sorte Topaz zweier Herkünfte (HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg (Saft 1) und Obstgut Rögner (Eibesbrunn, Niederösterreich) (Saft 2) der Ernte 2022 verwendet. Aus zeitlichen Gründen (Untersuchungen wurden im Frühjahr 2023 durchgeführt) wurden Äpfel verwendet, die bereits mind. 6 Monate kühl gelagert worden waren. Mittels Jodtest (Jod-Kaliumjodidlösung nach Logol, Fa. Roth (Karlsruhe, Deutschland) konnte in beiden Herkünften keine Stärke in den Äpfeln nachgewiesen werden.

Die Äpfel (je 1 bis 2 kg pro Variante) wurden mittels Labor-Entsafter (Juicer HR 1861, Fa. Philips (Wien, Österreich)) entsaftet, gröbere Trubstoffe des Saftes mittels 190 µm Sieb abgetrennt, danach enzymiert (Pektinase Fructozym P, Fa. Erbslöh (Geisenheim, Deutschland), 20 °C, 3 Stunden) und mittels Labortischzentrifuge (Sigma 4-10, Fa. Sigma Laborzentrifugen GmbH (Osterode am Harz, Deutschland), 3000min⁻¹, 15 min) vom Grobtrub befreit.

Versuchsdurchführung

In Vorversuchen wurden unterschiedliche Temperaturen (55 °C bis 95 °C) und Haltezeiten getestet und die daraus resultierende Trübungsneigung der Säfte bestimmt (Daten hier nicht dargestellt). Daraus ergaben sich die Temperaturen und Haltezeiten, die zur Stabilisierung notwendig und am besten zur Berechnung der D- und z-Werte der Trübungsentstehung der verwendeten Apfelsäfte geeignet sind: 60 °C - 70 °C, 1 bis 30 Minuten.

Trübungsmessung

Der Saft wurde filtriert (Falterfilter MN 875 ¼, Fa. Macherey-Nagel (Düren, Deutschland)) und die Trübung (NTU) mittels Trübungsmessgerät (Turb555IR, Fa. WTW (Weilheim, Deutschland)) gemessen. Nach der Wärmebehandlung wurden die Proben wieder mit dem Faltenfilter filtriert und danach die Trübung gemessen. Die Differenz der Trübungswerte vor und nach dem Wärmetest (Stabilitätstest) wurde als Maß der Trübungsstabilität herangezogen.

Thermische Behandlung

Bei den Vortests (60 °C bis 95 °C) und dem Hauptversuch (60 °C bis 70 °C) wurde der Saft in schmalen Reagenzgläsern (16 mm Durchmesser, 27 ml) im Wasserbad (Thermostat DC3, Fa. Testo (Wien, Österreich)) rasch und gleichmäßig auf die jeweilige Temperatur erhitzt. Die Versuche wurden immer in dreifacher Wiederholung durchgeführt. Mittels Temperaturmessgerät (Testo 735, Fa. Testo) wurde die Temperatur im Wasserbad und in der Epruvette jede Minute gemessen und aufgezeichnet. Die Haltedauer wurde ab dem Erreichen der gewünschten Temperatur gemessen. Die Aufheizdauer bis zur gewünschten Temperatur lag bei ca. 1 Minute. Nach der gewünschten Haltezeit wurde der Saft in einem kühlen Wasserbad möglichst rasch rückgekühlt. Die Rückkühldauer auf unter 40 °C betrug ebenfalls ca. 1 Minute. Die Wärmeinsulte

der Aufheizphase und Rückkühlphase wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Berechnung der D-Werte

Um die nötige Temperatur und Haltezeit zur Stabilisierung (Verhinderung thermisch bedingter Nachtrübungen) im behandelten Saft zu bestimmen, wurde die Trübungsdifferenz beim Wärmetest von der filtrierten, nicht behandelten Probe und der filtrierten, behandelten Probe gemessen. War die Trübungszunahme unter 1 NTU, wurde der Saft als stabil beurteilt. Die dabei jeweils eingesetzte Temperatur und Haltezeit waren zur Stabilisierung eines Saftes notwendig.

Der D-Wert bei der jeweiligen Temperatur wurde nach folgender Formel berechnet (Krämer, 2011):

$$D = t / (\log a - \log b)$$

t = Behandlungszeit in min

a = Trübungsdifferenz in NTU (vor Behandlung)

b = Trübungsdifferenz in NTU (nach Behandlung)

Berechnung der z-Werte

Die D-Werte der beiden Säfte bei den gewählten Temperaturen wurden zur Berechnung der z-Werte herangezogen. Die z-Werte wurden nach folgender Formel berechnet (Krämer, 2011):

$$z = (T1 - T2) / (\log D2 - \log D1)$$

T1 = Temperatur 1

T2 = Temperatur 2

D1 = D-Wert bei Temperatur 1

D2 = D-Wert bei Temperatur 2

Stabilitätstest (Wärmetest)

In Vorversuchen wurden hohe Temperaturen (85°C - 90°C wie in Literatur z.T. empfohlen) beim Wärmetest getestet. Die Ergebnisse zeigten jedoch keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen dem Wärmeinsult und der Stabilität der Säfte. Trotz sehr hoher Temperaturen und

Haltezeiten bei der thermischen Saftbehandlung waren die Säfte laut Wärmetest bei diesen hohen Temperaturen nicht stabil. Es wird vermutet, dass bei höheren Temperaturen als 75 °C Trübungen entstehen, die für die hier im Fokus stehende Stabilität hinsichtlich Nachtrübungen während der Lagerung nicht relevant sind. Die besten Ergebnisse hinsichtlich nachvollziehbarem Zusammenhang zwischen Wärmebehandlung des Saftes und Maß an Trübungsstabilität wurden im Wasserbad bei 75 °C 5 Minuten erreicht (Daten hier nicht dargestellt). Daher wurde in diesem Versuch die Differenz der Trübungswerte jeder Probe vor und nach dem Wärmetest (im Wasserbad bei 75 °C, 5 Minuten) für die Berechnungen der D- und z-Werte herangezogen.

Saftanalysen

Der pH-Wert der Apfelsäfte wurde mittels pH-Meter (pH-Meter 7110, Fa. WTW), die titrierbare Säure titrimetrisch bestimmt (pH-Wert: 7,0) und als g/l ber. als Weinsäure angegeben. Die lösliche Trockensubstanz wurde refraktometrisch ermittelt und in °Bx angegeben. Weiters wurde der Bentotest (Fa. Erbslöh) zum Vergleich der Stabilitätsprüfung mittels Wärmetest bei den Säften eingesetzt. Die Ergebnisse dieses Vergleiches zeigen jedoch keinen eindeutigen Zusammenhang. Es wurde daher im Laufe des Versuches auf den Vergleich verzichtet (Daten nicht dargestellt).

Obstweinherstellung

Um die Ergebnisse (notwendiger Wärmeinsult bei der thermischen Behandlung) vom Apfelsaft auch beim Apfelwein testen zu können, wurden von den Säften 1 und 2 jeweils 2 Varianten vergoren und auf Stabilität geprüft. Die Säfte wurden wie Saft 1 und Saft 2 hergestellt, thermisch behandelt und anschließend mit Reinzuchthefer (25 g/hl Oenoferm Freddo, Fa. Erbslöh) versetzt und bei 20 °C vergoren. Nach der Gärung wurde mittels Bentotest und Wärmetest (75 °C, 5 min) auf Stabilität (thermolabiles Eiweiß) geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Saftanalysen

Der pH-Wert der Säfte lag im Saft 1 bei 3,41 ($\pm 0,08$) und im Saft 2 bei 3,53 ($\pm 0,08$), die lösliche Trockensubstanz im Saft 1 bei 14,6 ($\pm 0,1$) °Bx und im Saft 2 bei 15,2 $\pm (0,1)$ °Bx. Die titrierbare Säure lag im Saft 1 bei 6,2 g/l ($\pm 1,2$) g/l und im Saft 2 bei 5,2 g/l ($\pm 0,2$).

Der Bentotest führte bei den unbehandelten Apfelsäften zu einer Erhöhung der NTU um 5,6 bei Saft 1 und 12,8 bei Saft 2. Es wird vermutet, dass der Proteingehalt in den kühl gelagerten Äpfeln (keine CA-Lagerung) generell schon sehr gering war.

Apfelweinanalysen

Bei den Obstweinen war die Erhöhung der Trübung noch geringer als bei den Säften: Apfelmost 1: sowohl unbehandelt, als auch behandelt (65 °C, 25 min): 3,1 NTU. Bei Apfelmost 2 lagen die Erhöhungen bei unbehandelt und behandelt bei 2,0 bzw. 2,1 NTU. Der ursprünglich schon geringe Gehalt an thermolabilen Proteinen wurde vermutlich bei der Gärung von den Hefen zum Teil noch reduziert (verstoffwechselt). Diese geringen Erhöhungen werden üblicherweise in der Praxis beim Bentotest mit freiem Auge nicht wahrgenommen. Erst ab ca. 6 NTU ist optisch eine leichte Trübung erkennbar. Die beiden Apfelmoste waren somit auch stabil.

Wärmetest

Im Zuge der Vorversuche wurde festgestellt, dass auch trotz z.T. sehr intensiver thermischer Behandlungen (95 °C, 30 min) des Saftes beim anschließenden Wärmetest (90 °C, 5 min) Trübungen beobachtet wurden (Daten hier nicht dargestellt). Es wird vermutet, dass bei hohen Temperaturen (über 75 °C) Reaktionen von Saftinhaltsstoffen auftreten, die zu einer

Erhöhung der NTU beitragen und der Saft dadurch als instabil beurteilt wird. Diese Beobachtung wurde auch schon bei anderen Untersuchungen gemacht (Schmelzer, 2021). Die Erfahrung aus der Praxis zeigt aber, dass diese Trübungsänderung nicht unmittelbar mit der Trübungsneigung - bedingt durch thermolabiles Eiweiß - im Zusammenhang steht. Es wurde daher für die weiteren Versuche (Hauptversuch) ein Wärmetest mit geringerer Temperatur gewählt (75 °C, 5 min), wie er auch in der Literatur zu finden ist (Schobinger, 2001). Nachdem in der Literatur sehr unterschiedliche Temperaturen und Haltezeiten für den Wärmetest empfohlen werden, und darüber Uneinigkeit bei den AutorInnen der oben genannten Literaturzitate (IFU, 2017; Schobinger, 2001; Schmelzer, 2021) erkennbar ist, sollen die Ergebnisse dieses Versuches als Richtwert dienen. Diese Parameter (75 °C, 5 min) werden von den AutorInnen dieser Versuchsbeschreibung als am besten geeignet gesehen und daher zur Bestimmung der Stabilität von Apfelsaft empfohlen.

Berechnung der D-Werte

Zur Berechnung der D-Werte wurde jeweils die Zeit bei der jeweiligen Temperatur gewählt, zu der der Trübungswert noch über 1 NTU lag, weil die Ergebnisse bei Werten unter 1 NTU meist eine relativ größere Messungenauigkeit aufwiesen. Die Ergebnisse wurden auch graphisch kontrolliert indem die jeweiligen erforderlichen Haltezeiten bei den gewählten Temperaturen gegen die jeweilige Trübungsänderung (log) aufgetragen wurden und anschließend in den Graphen eine Trendlinie gelegt wurde. Der Schnittpunkt der Trendlinie mit dem Wert 1NTU ergab die notwendige Zeit, die zur Stabilisierung der Säfte bei der jeweiligen Temperatur notwendig ist (Graphen hier nicht dargestellt).

Tab. 1: Trübungsdivergenz bei Wärmetest (vor und nach dem Wärmetest) (Mittelwerte und Standardabweichung) in Abhängigkeit von der Temperatur und Haltezeit (Minuten) bei Saft 1 und Saft 2

Saft 1	Minuten	Mittelwert	STAW
60 °C	0	3,8	1
	5	2	0.1
	10	1,78	0.3
	12	1.3	0.3
	15	1	0.4
	20	0.7	0.2
65 °C	1	2.1	1.3
	5	1.6	0.7
	8	0.7	0.4
	10	1	0.9
	12	0.5	0.4
	15	0.7	0.2
70 °C	1	0.75	0.1
	5	0.6	0.4
Saft 2			
60 °C	0	9.8	8.4
	5	4.8	3.8
	10	1.4	0
	15	1.2	0.1
	20	1.6	0.4
	22	0.9	0
	25	1	0
65 °C	5	2.6	0.3
	10	2.1	1.7
	15	2.5	2.5
	17	1.1	0.2
	20	0.7	0.3
	25	0.8	0.3
70 °C	8	1.1	0
	10	0.5	0
	12	0.4	0.1
	15	0.6	0.2

In Tab. 1 sind die Trübungsdivergenzen vor und nach dem Wärmetest in Abhängigkeit von der Temperatur und Haltezeit bei Saft 1 und 2 dargestellt. Daraus ergibt sich die notwendige Erhitzungsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur zur Stabilisierung gegen thermisch bedingte Nachtrübungen in den Säften. Die Ergebnisse zeigen, dass - wie erwartet - mit zunehmender Temperatur die notwendige

Erhitzungsdauer geringer wird (z.B.: Saft 2: D-Wert bei 60 °C – 22 min, bei 70 °C – 10 min). Weiters ist ersichtlich, dass die notwendige Dauer zur Stabilisierung bei Saft 2 deutlich höher ist als bei Saft 1 (Saft 1: 15 min bei 60 °C, Saft 2: 22 min bei 60 °C). Diese Unterschiede sind vermutlich auf die Rohware zurückzuführen. Der Reifegrad der Äpfel für Saft 2 war deutlich höher, die Äpfel weicher als die von Saft 1. Bedingt durch den höheren Reifegrad lagen die Anfangstrubgehalte der frisch gepressten Säfte 2 mit 9,8 NTU deutlich höher als bei Saft 1 mit 3,8 NTU (Tab. 2). Der erhöhte Gehalt

an Trubpartikeln führte zu wachsender Trübungsneigung und Filtrationsproblemen. Es wird vermutet, dass der Reifegrad der Äpfel einen signifikanten Einfluss auf die Stabilitätsprüfung hat und damit auch für die unterschiedlichen Empfehlungen in der Literatur mitverantwortlich ist.

Die Grunddaten für die Berechnung der D-Werte sowie die D-Werte und z-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur von Saft 1 und Saft 2 sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Gewählte Temperatur, Dauer der Erhitzung, D-Werte und z-Werte von Saft 1 und Saft 2 (a=Trübungs­differenz bei Wärmetest vor Behandlung, b= Trübungs­differenz bei Wärmetest nach Behandlung)

Temperatur (°C)	Dauer in min	a (NTU)	b (NTU)	D-Wert (min)	z-Wert (°C)
Saft 1					
60	12	3.8	1.3	25.8	
65	5	3.8	1.6	13.3	
70	1	-	-		17,4
Saft 2					
60	20	9.8	1.6	25.4	
65	17	9.8	1.1	17.9	
70	8	9.8	1.1	8.4	20,8

Berechnung der z-Werte

Die z-Werte von Saft 1 und Saft 2 sind in Tab.2 dargestellt. Zur Berechnung wurden bei Saft 1 die D-Werte von 60 °C und 65 °C herangezogen (bei 70 °C konnte aufgrund der Erreichung der Stabilität unter 1 min kein D-Wert ermittelt werden), bei Saft 2 die D-Werte von 60 °C und 70 °C. Der z-Wert von Saft 2 liegt um 3,4 °C höher als der von Saft 1.

In der Literatur werden z-Werte von Proteinen (Enzyme) zwischen 7 und 55 °C angegeben (Weber, 2009). Die in diesem Versuch mit Apfelsaft ermittelten z-Werte für die Trübungsneigung liegen mit durchschnittlich 19,1 °C in diesem Bereich. Es wird vermutet, dass

hauptsächlich die Proteindenaturierung für die Trübungsbildung verantwortlich ist, da Apfelsaft (Sorte Topaz) nur einen geringen Phenolgehalt (0,3%) (Hermann, 2001) aufweist und somit deren Reaktion mit Proteinen nur wenig zur Trübung beiträgt.

Für die Praxis ergibt sich aus diesem Ergebnis ein erster Richtwert mit welchem Wärmeinsult (Temperatur-Haltezeit-Kombination) eine ausreichende Stabilisierung hinsichtlich Nachtrübungen bei blankem Apfelsaft erreicht werden kann. In Analogie zum F-Wert (Sterilisationswert), P-Wert (Pasteurisationswert) oder E-Wert (Enzyminaktivierungswert) (Hartwig et al., 2009) kann man für die Trübungsneigung den T-Wert berechnen. Dieser würde für Apfelsaft

daher mit der Bezugstemperatur von 60 °C und einem z-Wert von 19,1 min bei 18,5 min liegen.

Mit der Formel (Krämer, 2011):

$$= 10^{((Tx - 60 \text{ °C})/z)}$$

Tx = gewählte Temperatur

z = z-Wert (bei 60 °C)

ergibt sich im Durchschnitt der beiden Säfte bei z.B.: 80 °C (Tx) nach 1 min ein Wert von 11,1. Man muss daher den Apfelsaft 1,6 min ($18,5/11,1 = 1,6$) bei 80 °C erhitzen um eine ausreichende Stabilität zu erreichen. Bei 90 °C ergibt sich eine notwendige Haltedauer von 0,5 min ($18,5/37,2 = 0,5$). Um eine

ausreichende Sicherheit bei der Trübungsvermeidung zu erreichen wird man in der Praxis – analog zur mikrobiologischen Sicherheit (HACCP) – etwas längere Haltezeiten bzw. höhere Temperaturen wählen.

Diese Werte sind ein erster guter Anhaltspunkt für die Bestimmung der notwendigen thermischen Behandlung als Alternative zur Schönung zur Vermeidung von Nachtrübungen in Apfelsaft. Aufgrund der Tatsache, dass viele Faktoren einen Einfluss auf die Trübungsneigung haben, sind weitere Untersuchungen notwendig um einen besseren Überblick in dieser Causa zu bekommen.

Literatur

Hartwig, G., Von der Linden, H., Skrobisch, H.P. 2009: Lebensmitteltechnologie in der Praxis – Grundlagen der thermischen Konservierung. Hamburg: Behr's Verlag, 2009, 1. Aufl.

Hermann, K. 2001: Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Stuttgart: Ulmer, 2001, 1. Aufl.

IFU, International Fruit and Vegetable Juice Association 2017: Method of analysis No. 84 – Stability tests for clarified juices.

IFU, International Fruit and Vegetable Juice Association 2022: Clear juices: Processing phases and haze stability – Best Practice Guideline – Science and technology commission

Krämer, J. 2011: Lebensmittel-Mikrobiologie. UTB GmbH – Stuttgart: Ulmer, 2011, 6. Aufl.

Marangon, M., Van Sluyter, S.C., Robinson, E.M.C., Muhlack, R.A., Holt, H.E., Haynes, P.A., Godden, P.W., Smith, P.A., Waters, E.J. 2012: Degradation of white wine haze proteins by Aspergillopepsin I and II during juice flash pasteurization. Food Chemistry (135): 1157-1165.

Meier, M., Jaeckels, N., Tenzer, S., Stoll, M., Decker, H., Fronk, P., Dietrich, H., Will, F. 2016: Impact of drought stress on concentration and composition of wine proteins in Riesling. Eur. Food Res. Technol. (242): 1883-1891.

Novozymes 2001: Juice Guidelines – Production of clear, stable juices and concentrates. Novozymes Switzerland AG

Schmelzer, M. 2021: Grundlagen der Saftklärung. Erbslöh Geisenheim GmbH

Schobinger, U. 2001: Frucht- und Gemüsesäfte. Handbuch Lebensmitteltechnologie. Stuttgart: Ulmer Verlag, 3. Aufl.

Sommer-Miszori, M., Fischer, U. 2005: Mehr Sicherheit durch Flashpasteurisierung. Der Deutsche Weinbau (21): 32-37.

Tabilo-Munizaga, G., Gordon, T.A., Villalobos-Carvajal, R., Moreno-Osorio, L., Salazar, F.N., Pérez-Won, M., Acuna, S. 2014: Effects of high hydrostatic pressure (HPP) on the protein structure and thermal stability of Sauvignon blanc wine. Food Chemistry 155: 214-220.

Tajchakavit, S., Boye, J.I., Bélanger, D., Couture, R. 2001: Kinetics of haze formation and factors influencing the development of haze in clarified apple juice. Food Research International 34: 431-440.

Wall, K.M., Tait, V.M., Eastwell, K.C., Reid, C.A., Beveridge, T.H.J. 1996: Protein in Varietally Derived Apple Juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (44): 3413-3415.

Weber, H. 2009: *Mikrobiologie der Lebensmittel – Grundlagen*. Hamburg: Behr's Verlag 2009, 9. Aufl.

Will, F., Zacharias, J., Dietrich, H. 2019: Instability of fruit juices – clouds, haze and sediments. IFU Technical Workshop, 6.3.2019 in Athen

Eingelangt am 24. August 2023