

# Einfluss der thermischen Stabilisierung naturtrüber Säfte auf qualitative und sensorische Parameter

GOTTFRIED KRAPPENBAUER, MATHIAS KINNER, HEINZ SÄMANN und MANFRED GÖSSINGER

Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau  
A-3400 Klosterneuburg, Wiener Straße 74  
E-mail: Manfred.Goessinger@hblawo.bmlfuw.gv.at

*Über einen Zeitraum von drei Jahren wurde der Einfluss der Erhitzung von naturtrüben Fruchtsäften auf deren Stabilität und sensorische Eigenschaften untersucht. Dauer und Ausmaß der Erhitzung wurden sowohl bei der Hochkurzzeiterhitzung als auch bei der Pasteurisation variiert. Es erfolgte eine Bestimmung der Stabilität in Bezug auf Trübung und Farbe sowie der sensorischen Eigenschaften durch Farbreihung, Dreieckstest und unstrukturierte Skala. Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Hochkurzzeiterhitzung weniger stark erhitzte Säfte im Allgemeinen als typischer und weicher beurteilt wurden, höher erhitzte Säfte waren tendenziell in Geruch und Geschmack intensiver. Der farbliche Übergang von dunkleren zu helleren Säften war bei einer Erhitzung im Ausmaß von 0,15 bis 0,33 Pasteurisationseinheiten (PE) zu beobachten, was einer Hochkurzzeiterhitzung von 70 °C und 100 Sekunden bis 80 °C und 20 Sekunden entspricht. Die sensorischen Eigenschaften des Saftes wurden maßgeblich durch die Hochkurzzeiterhitzung bestimmt, die nachfolgende Pasteurisation war hingegen von untergeordneter Bedeutung und hat die Unterschiede zwischen den Säften nur geringfügig verringert. Demgegenüber zeigten die Farb- und Trubeigenschaften eine größere Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Pasteurisation als bei der Hochkurzzeiterhitzung. Eine zusätzliche zweite Pasteurisation hatte keinen nachteiligen Effekt auf Farbe und Trubstabilität. Der optimale Bereich der Hochkurzzeiterhitzung und der Pasteurisation war im Bereich von 75 bis 85 °C und in diesem Temperaturbereich unabhängig von der einwirkenden Zeitdauer. Die Ergebnisse waren generell bei Apfel, Birne und Traube ähnlich.*

**Schlagwörter:** Naturtrübe Fruchtsäfte, Apfelsaft, Hochkurzzeiterhitzung, Trubstabilität, Farbstabilität, sensorische Analyse

*Effect of thermal stabilisation on quality and sensory parameters of cloudy fruit juices. The influence of thermal treatment on stability and sensory parameters of cloudy fruit juices was investigated over a period of three years by means of different variants of HTST treatment (duration, temperature) and pasteurisation as well. Stability with respect to cloudiness and colour as well as sensory characteristics (colour order, triangular test, unstructured scale) were determined. In general less heated juices were rated as more typical and smoother, juices heated to higher temperatures in tendency were more intense in smell and taste. Changes from darker to lighter colour were observed at 0.15 to 0.33 pasteurization units, that equals an HTST treatment of 70 °C/100 s to 80 °C/20 s. The sensory characteristics and the stability of the cloudy juices were significantly determined by HTST treatment, an additional pasteurization was less important and reduced differences between the juices only slightly. Colour and cloudiness characteristics depended more on pasteurization than on HTST. A second pasteurization did not decrease quality and stability. HTST treatment and pasteurization in a range of 75 to 85 °C seemed to ensure the highest stability of cloud and colour irrespective of the duration of heat treatment. Results were similar with apple, pear and grape.*

**Key words:** cloudy fruit juices, apple juice, HTST, haze stability, colour stability, sensory analysis

*L'influence de la stabilisation thermique de jus non filtrés sur les paramètres qualitatifs et sensoriels. Au cours d'une période de trois ans, l'influence du réchauffage de jus de fruits non filtrés sur leur stabilité et sur leurs caractéristiques sensorielles a été examinée. La durée et le degré du réchauffage ont été variés tant lors du chauffage à court terme et à haute température que lors de la pasteurisation. On a déterminé la stabilité en relation avec le trouble et avec la*

couleur ainsi que les caractéristiques sensorielles au moyen de la succession des couleurs, d'essais triangulaires et d'une échelle non structurée. Les résultats montrent qu'en cas de chauffage à court terme et à haute température, les jus moins fortement réchauffés ont été évalués, en général, comme étant plus typiques et mous, l'odeur et le goût des jus plus fortement réchauffés ayant tendance à être plus intenses. La transition des couleurs des jus plus foncés aux plus clairs de 0,15 à 0,33 unités de pasteurisation (UP) a été observée lors du réchauffement, ce qui correspond à un chauffage à court terme et à haute température de 70 °C et 100 secondes à 80 °C et 20 secondes. Les caractéristiques sensorielles du jus ont été déterminées de manière décisive par le chauffage à court terme et à haute température ; cependant, la pasteurisation subséquente a été de moindre importance et n'a réduit que d'une façon insignifiante les différences entre les jus. En revanche, les caractéristiques liées à la couleur et au trouble ont été plus dépendantes des conditions de la pasteurisation que de celles du chauffage à court terme et à haute température. Une deuxième pasteurisation additionnelle n'a eu aucun effet négatif sur la couleur et sur la stabilité du trouble. La gamme de température optimale du chauffage à court terme et à haute température se situait entre 75 et 85 °C, indépendamment de la durée. En général, les résultats ont été similaires pour les pommes, les poires et les raisins.

**Mots clés :** jus de fruits non filtrés, jus de pommes, chauffage à court terme et à haute température, stabilité du trouble, stabilité de la couleur, analyse sensorielle

Naturtrübe Fruchtsäfte erfreuen sich seit Jahren steigender Beliebtheit. Der Konsument schätzt an naturtrübem Saft neben dem erfrischenden und ausgewogenen Geschmack insbesondere seine weitgehende Natürlichkeit und gesundheitsfördernde Wirkung. Die in diesem Zusammenhang in Österreich mengenmäßig bedeutendste Obstart ist der Apfel. Das augenscheinlich negativste Merkmal naturtrüber Säfte ist das häufige Auftreten einer Trubschicht am Boden. Da für den Konsumenten das visuelle Erscheinungsbild für die wiederholte Kaufentscheidung von maßgeblicher Bedeutung ist, besteht bei Produktion von naturtrüben Apfelsäften das wichtigste Ziel darin, Trub und Farbe gleichmäßig und stabil über die gesamte Haltbarkeitsdauer hindurch zu erhalten. Aber selbst durch optimale Verarbeitungstechnologie konnte bis jetzt die Entstehung eines Trubdepots und einer enzymatischen Bräunungsreaktion während Produktion und Lagerung nicht gänzlich vermieden werden.

Zentraler Schritt bei der Produktion von naturtrübem Apfelsaft ist die Hochkurzzeiterhitzung (HKZE), bei der der Saft unmittelbar nach dem Pressvorgang bei einer Temperatur von 60 bis 90 °C bis zu 100 Sekunden lang erhitzt und sofort im Anschluss rückgekühlt wird. Der Effekt der HKZE beruht vor allem auf der Inaktivierung bzw. Herabsetzung der Aktivität von Polyphenoloxidase (PPO) und Pektinmethylesterase (PME). Es ist unumgänglich, diese beiden Enzyme bereits unmittelbar nach dem Pressvorgang zu inaktivieren, um die Bräunungsreaktion durch PPO und die Trubdestabilisierung durch PME auf ein Minimum zu reduzieren (CASTALDO und LOIUDICE, 1997).

Die Bräunungsreaktion und somit die Farbänderung startet in Gegenwart von Sauerstoff durch Oxidation

von Phenolen. Durch Verwendung von L-Ascorbinsäure, Stickstoff (MCKENZIE und BEVERIDGE, 1998), Blanchieren (FUKUTANI et al., 1986), kontrollierte enzymatische Pektinolyse (GIERSCHNER und BAUMANN, 1988), Veränderung des pH-Werts und durch Hitzebehandlung wird versucht, die Bräunungsreaktion auf ein Minimum zu reduzieren. Klein- und Mittelbetriebe können von diesen Methoden jedoch nur eine Kombination von L-Ascorbinsäure und Hochkurzzeiterhitzung (HKZE) in der Praxis anwenden.

Die Destabilisierung des Trubs beruht auf der Abspaltung der Methylgruppe vom Pektinmolekül und nachfolgender Spaltung in kleinere Pektinmoleküle. Das hierfür verantwortliche Enzym Pektinmethylesterase (PME) wird unter anderem als Hilfsmittel bei der Produktion von klarem Apfelsaft eingesetzt, um Extraktion und Filtration zu erleichtern (RIAHI und RAMASWAMY, 2003). In naturtrübem Saft ist jedoch die Anwesenheit dieses Enzyms unerwünscht.

Da die Aktivität beider Enzyme durch die Bedingungen bei der HKZE teilweise (PME) bzw. vollkommen (PPO) reduziert wird (KRAPPENBAUER et al., 2006), stellt die HKZE einen zugleich einfachen und wirksamen Verfahrensschritt zur Verbesserung der Trubstabilität und Vermeidung von Bräunungen dar.

In vorliegender Arbeit werden die Bedeutung der Einflussgrößen HKZE und Pasteurisation auf die Eigenschaften der aus heimischen Obstarten hergestellten Säfte beleuchtet und diese Ergebnisse in Beziehung zu den vom Konsumenten wahrgenommenen Sinneseindrücken gestellt. Ziel der Untersuchungen war es, die Bedeutung der Bedingungen bei HKZE und der Pasteurisation in Bezug auf mögliche Qualitätsverbesserungen bei naturtrüben Apfelsäften abzuschätzen. Als

Ausgangssituation wurde die finanzielle und technische Ausstattung von landwirtschaftlichen Obstverarbeitern angenommen, und die Versuche wurden auf Grund von praxisrelevanten Überlegungen angelegt. Die Analysen konzentrierten sich auf Farbmessung, Trübungsmessung und Sensorik. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse sollen Produzenten eine Vorstellung von optimalen Bedingungen bei der Produktion von naturtrübem Apfelsaft erhalten.

## Material und Methoden

### Verwendete Rohstoffe

Für die Versuche standen im Jahr 2003 (03) Säfte der Apfelsorten 'Goldrush' (Gr), 'Florina' (Fl), 'Pilot' (Pl) und 'Topaz' (To), der Birnensorten 'Williams Christ' (WC) und 'Schweizer Wasserbirne' (SW) und der Traubensorte Grüner Veltliner (GV) zur Verfügung.

Im Jahr 2004 (04) umfassten die Versuche die Apfelsorten 'Florina' (Fl), 'Gala' (Ga), 'Golden Delicious' (GD), 'Idared' (Id), 'Jonagold' (Jg), 'Pilot' (Pl), 'Pinova' (Pn) und 'Topaz' (To) sowie die Traubensorte 'Grüner Veltliner' (GV).

Für die Versuche im Jahr 2005 (05) wurden die Apfelsorten 'Florina' (Fl) und 'Topaz' (To) herangezogen.

Das Obst und die Trauben stammten von den Versuchsgütern Haschhof bzw. Agneshof der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg.

### Saftproduktion

Direkt nach Reinigung, Zerkleinerung (Rätzmühle, Fa. Voran, A-4632 Pichl/Wels), Pressen (Bandpresse, Fa. Stossier, A-9210 Pörtschach) und Zugabe von 150 mg L-Ascorbinsäure pro Liter wurde der Saft mit einem Röhrenwärmetauscher (Fa. Fischer, A-2483 Ebreichsdorf) hochkurzzeit-erhitzt, sofort rückgekühlt und in vorpasteurisierte Flaschen (Inhalt: 1 Liter) gefüllt. Bei den pasteurisierten Varianten wurde die Pasteurisation mittels Berieselungspasteur (Fa. Balik, A-1210 Wien) mit gleichzeitiger Temperaturmessung in der Flasche (Fa. Ellab, DK-2610 Roedovre) durchgeführt.

L-Ascorbinsäure (150 mg/l) wurde zugesetzt, um praxisnahe Bedingungen zu schaffen. Auf Zitronensäure wurde verzichtet, um das sortenspezifische Aromaprofil zu erhalten.

Eine Variante, Apfelsaft der Sorte 'Topaz' 2005 (To 05), wurde nach der HKZE zweimal pasteurisiert.

Bei der HKZE wurde die einwirkende Wärmemenge

pro Minute nach Gleichung 1 berechnet. Bei der Pasteurisation wurden darüber hinaus auch die Aufheizzeit und die Abkühlphase der Säfte ab/bis zu einer Temperatur von 60 °C (entspricht 0,1 PE) berücksichtigt.

In Tab. 1 sind die zu den Bedingungen der HKZE korrespondierenden PE angeführt.

$$PE = t_{(\min)} 10^{\frac{T-80}{10}} \quad \text{Gleichung 1}$$

Tab. 1: Bedingungen bei der HKZE und korrespondierende PE

|     | HKZE     |            | PE     |
|-----|----------|------------|--------|
|     | Zeit (s) | Temp. (°C) |        |
| 20  |          | 60         | 0,003  |
|     |          | 70         | 0,033  |
|     |          | 80         | 0,333  |
|     |          | 90         | 3,333  |
| 50  |          | 60         | 0,008  |
|     |          | 70         | 0,083  |
|     |          | 80         | 0,833  |
|     |          | 90         | 8,333  |
| 100 |          | 60         | 0,015  |
|     |          | 70         | 0,150  |
|     |          | 80         | 1,500  |
|     |          | 90         | 15,000 |

**Varianten.** In Tab. 2 und Tab. 3 werden die untersuchten Varianten der Jahre 2003 bis 2005 wiedergegeben. Es wurden sowohl Varianten untersucht, die ausschließlich hochkurzzeit-erhitzt (Tab. 2) als auch im Anschluss pasteurisiert wurden (Tab. 3).

Die HKZE-Varianten wurden bei 6 °C, die pasteurisierten Varianten bei 20 °C gelagert.

### Analysemethoden

**Farbmessung.** Farbton, Sättigung und Helligkeit wurden im Farbraum nach CIE L\*a\*b\* gemessen. (Chroma Meter CR-200, Fa. Minolta). Dabei wurde die trübe Saftprobe mit einem Blitzlicht bestrahlt und der reflektierte Lichtstrahl gemessen. Die Kalibrierung erfolgte mit einer weißen Standardreflektorplatte (Nr. 11033069, Fa. Minolta). Die Messung wurde sowohl nach der Erhitzung als auch nach drei, sechs, neun bzw. zwölf Monaten durchgeführt. Die Veränderung bezüglich Farbe wurde sowohl absolut als auch relativ (durch Berechnung der Steigung) ermittelt.

Tab. 2: Überblick über die HKZE-Varianten

|           |       |     |    |     |    |     |    |     |                                   |     |     |     |    |     |     |    |           |     |    |     |    |     |     |    |    |
|-----------|-------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----------------------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----------|-----|----|-----|----|-----|-----|----|----|
|           | Gr 03 |     |    |     |    |     |    |     | Fl 03                             |     |     |     |    |     |     |    |           |     |    |     |    |     |     |    |    |
| HKZE (°C) | 80    |     | 85 |     | 90 |     | 95 |     | 80                                |     |     | 85  |    |     | 90  |    |           | 95  |    |     |    |     |     |    |    |
| HKZE (s)  | 50    | 20  | 50 | 20  | 50 | 20  | 50 | 20  | 40                                | 50  | 100 | 40  | 50 | 100 | 20  | 40 | 50        | 100 | 20 | 40  | 50 | 100 |     |    |    |
|           | GV 04 |     |    |     |    |     |    |     | Fl, Ga, GD, Id, Jg, Pn, Pl, To 04 |     |     |     |    |     |     |    | Fl, To 05 |     |    |     |    |     |     |    |    |
| HKZE (°C) | 70    |     | 78 |     | 86 |     | 94 |     | 60                                |     | 70  |     | 80 |     | 90  |    | 70        |     | 75 |     | 80 |     |     |    |    |
| HKZE (s)  | 40    | 100 | 40 | 100 | 40 | 100 | 40 | 100 | 50                                | 100 | 20  | 100 | 20 | 50  | 100 | 20 | 50        | 100 | 50 | 100 | 20 | 50  | 100 | 20 | 50 |

Tab. 3: Überblick über die HKZE-Varianten mit anschließender Pasteurisation

|                |       |    |    |    |       |    |       |    |    |              |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------|-------|----|----|----|-------|----|-------|----|----|--------------|-------|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                | Pl 03 |    |    |    | To 03 |    |       |    |    |              | GV 03 |    |    |    | WC, SW 03 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (°C)      | 85    |    |    |    | 70    |    |       | 85 |    |              | 70    |    |    |    | 80        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (s)       | 3     |    |    |    | 30    |    |       | 3  |    |              | 30    |    |    |    | 30        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Past. (°C)     | 75    |    | 85 |    | 75    |    | 85    |    | 75 |              | 85    |    | 70 |    | 80        |    | 90 |    | 70 |    | 80 |    | 90 |    |
| Past. (min)    | 10    | 20 | 10 | 20 | 10    | 20 | 10    | 20 | 10 | 20           | 10    | 20 | 10 | 20 | 10        | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 |
|                | Pn 04 |    |    |    |       |    | GV 04 |    |    | Fl 05        |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (°C)      | 80    |    |    |    |       |    | 78    |    |    | 70   75   80 |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (s)       | 20    |    |    |    |       |    | 40    |    |    | 50           |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Past. (°C)     | 70    |    | 80 |    | 90    |    | 70    |    | 80 |              | 90    |    | 80 |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Past. (min)    | 5     | 10 | 15 | 5  | 10    | 15 | 5     | 10 | 15 | 15           |       |    | 10 |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|                | To 05 |    |    |    |       |    |       |    |    |              |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (°C)      | 70    |    |    | 75 |       |    | 75    |    |    |              |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| HKZE (s)       | 50    |    |    | 50 |       |    | 50    |    |    |              |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Past. (°C)     | 80    |    |    | 80 |       |    | 80    |    |    |              |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Past. (min)    | 5     | 10 | 15 | 5  | 10    | 15 | 5     | 10 | 15 | 80           |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2. Past. (°C)  |       |    |    |    |       |    |       |    |    | 80           |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2. Past. (min) |       |    |    |    |       |    |       |    |    | 10           |       |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

**Trübungsmessung.** Die Trübungsmessung wurde mit einem Trübungsphotometer (LTP5, Fa. Dr. Lange, A-3200 Obergrafendorf) unter Verwendung einer Küvette (5 cm Durchmesser) und Farbkompensation nach dem Prinzip der Nephelometrie durchgeführt (ZIMMER et al., 1996). Das Verfahren erlaubt eine quantitative Bestimmung der Konzentration von gelösten Teilchen durch Messen der Intensität des Streulichts. Das Ergebnis wird in Trübungseinheiten Formazin (TE/F) mit der entsprechenden Verdünnung angegeben. Apfelsäfte wurden 1:100 und Traubensäfte 1:50 ver-

dünnt, Birnensäfte wurden unverdünnt verwendet. Die Saftprobe (100 ml) wurde immer aus halber Flaschenhöhe gezogen. Die Trübungsmessung erfolgte ebenfalls nach erfolgter Hitzebehandlung und nach drei, sechs, neun bzw. zwölf Monaten. Der Trubverlust wurde sowohl absolut als auch prozentuell berechnet.

**Sensorik**

Alle sensorischen Untersuchungen wurden von einem geschulten Kosterpanel (Alter: 20 bis 50 Jahre) durchgeführt. Alle Tests (mit Ausnahme der „Farbreihung“)

wurden mit schwarz beschichteten Weißweingläsern durchgeführt, da die farblichen Unterschiede offensichtlich waren und dadurch das Urteil der Koster beeinflusst worden wäre.

**Farbreihung.** Durch die Reihung der Säfte innerhalb einer Sorte von hell nach dunkel sollte festgestellt werden, ob eventuell vorhandene optische Unterschiede durch den Konsumenten erkennbar sind.

Es wurden in farblose durchsichtige Schraubfläschchen (Volumen: 100 ml) jeweils 100 ml Saft gefüllt und randomisiert nebeneinander aufgestellt. Die Bewertung wurde dreimal von mindestens fünf Prüfpersonen abgegeben.

Die optische Beurteilung erfolgte bei bestmöglicher Beleuchtung vor weißem Hintergrund aus nach vorne offenen Kostkabinen, um unbeeinflusste Einzelurteile zu erhalten. Die von den Prüfpersonen aufgelisteten Proben wurden mit Zahlen von eins bis zwölf beurteilt. Jener Saft mit der durchschnittlich kleinsten Summe wurde demnach vom Kosterpanel als der hellste beurteilt. Entsprechend folgte die Reihung bis zum dunkelsten Saft mit der größten durchschnittlichen Summe.

**Unterschiedsprüfung mittels Dreieckstest.** Es werden jeweils drei Kostproben von zwei verschiedenen Säften vorgegeben und verkostet. Über die Anzahl der richtigen Urteile kann bestimmt werden, ob sich eine Probe sensorisch signifikant von der anderen unterscheidet.

Die zweite Frage, welche Probe frisch gepresstem Saft eher entspricht, bekommt erst bei richtiger Beurteilung der ersten Frage eine Relevanz. Sie soll aufzeigen, ab welchen HKZE-Parametern sich der Geschmack signifikant von frisch gepresstem, unbehandeltem Saft unterscheidet.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,05$  werden neun richtige von insgesamt 15 Urteilen (bzw. 10 von 18 oder 12 von 21) benötigt, um einen signifikanten Unterschied zwischen den Proben nachzuweisen (O'MAHONY, 1985).

**Bewertende Prüfung mit unstrukturierter Skala.** Anhand der unstrukturierten Skala kann beurteilt werden, ob die Intensität der zuvor definierten sensorischen Eindrücke als signifikant gleichwertig erlebt wird. Es wurden folgende Deskriptoren verwendet:

Intensität Geruch: nicht intensiv - intensiv

Typizität Geruch: nicht typisch - typisch

Intensität Geschmack: nicht intensiv - intensiv

Typizität Geschmack: nicht typisch - typisch

Mundgefühl (MG): weich - hart

Gesamturteil (GU): nicht ansprechend - ansprechend

Diese Mehrfachfragestellung soll es dem Koster erleichtern, den Saft sensorisch differenziert zu betrachten. Zur Minimierung der Varianzen der Prüfungsergebnisse wurde eine zweistufige Normalisation der Daten durchgeführt (WEISS und ZENZ, 1989). Zur Abschätzung der zahlenmäßigen Unterschiede wurde ein LSD-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,1$  durchgeführt.

## Statistische Analysen

Alle Versuche wurden in zweifacher Wiederholung ausgeführt und unter Verwendung von SPSS 12.0 (Statistical Package for the Social Sciences, U.S.A.) und Microsoft-Excel varianzanalytisch ausgewertet.

## Ergebnisse

### Sensorik

Die Proben des Jahres 2003 wurden keiner sensorischen Prüfung unterzogen, da erst mit der Ernte 2004 schwarz beschichtete Weißweingläser zur Verfügung standen.

Besonders das Merkmal „Typizität“ war dem Prüfpanel zu Beginn nicht eindeutig klar. Auf Grund der Konsumgewohnheiten wurde der im Handel erhältliche Saft, der als relativ „intensiv“ riechend und „hart“ schmeckend beschrieben wurde, als besonders typisch angesehen.

### Farbreihung

Die Farbreihung wurde bei folgenden hochkurzzeit-erhitzten Säften aus dem Jahr 2004 beurteilt: Fl, Ga, GD, Id, Jg, Pn, Pl und To (vgl. auch Tab. 2).

Abb. 1 zeigt das nach den Bedingungen bei der HKZE gereichte optische Erscheinungsbild der HKZE-Varianten der Sorte 'Pinova' (exemplarisch für alle anderen Sorten).

Bei allen acht Apfelsorten wurden die auf 80 °C bzw. 90 °C erhitzten Säfte heller als die auf 60 °C und 70 °C erhitzten Säfte beurteilt, unabhängig von der HKZE-Dauer (Abb. 2). Die Varianten bei 80 °C/20 s und bei 70 °C/100 s wurden weder eindeutig hell noch dunkel bewertet und bildeten somit tendenziell eine Übergangsgruppe. Innerhalb der sechs helleren Säfte jeder Sorte (HKZE-Temperatur: 80 °C und 90 °C) konnte kein Trend erkannt werden, ob eine Variante immer einen bestimmten Rang zugeteilt bekommt. Ebenso war es mit den sechs dunkleren Säften. Die Prüfpersonen erkannten auch den Übergang von den dunklen zu den



(°C) 60 70 80 90 | 60 70 80 90 | 60 70 80 90  
 (s) 20 | 50 | 100

Abb. 1: Apfelsaft (Pn 2004) nach der HKZE (20, 50, 100 s jeweils bei 60, 70, 80, 90 °C)

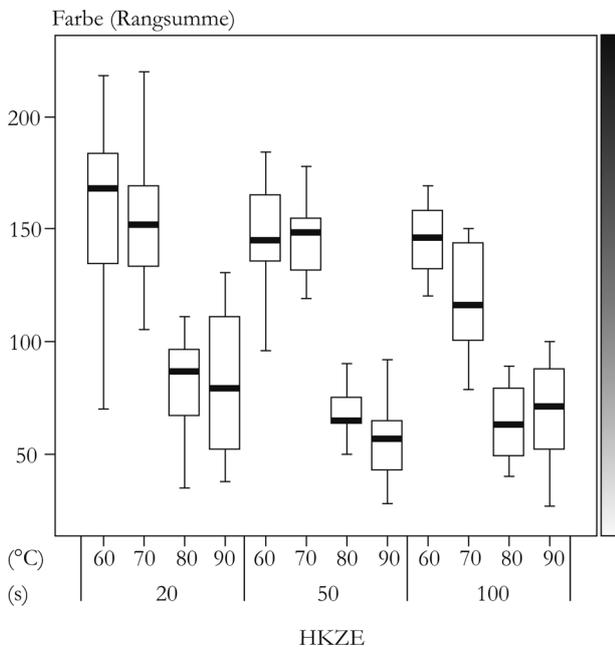


Abb. 2: Rangsummen der Eigenschaft „Farbe“ nach der HKZE (Apfelsäfte 2004)

hellen Säften, der sich im Bereich 70 °C/100 s und 80 °C/20 s befand.

Im Dreieckstest wurden folgende Säfte unterschiedlicher Erhitzung (HKZE bzw. HKZE + Pasteurisation) verglichen (Tabelle 4).

**Einfluss der Hochkurzweiterhitzung.** Bei den Produkten des Jahres 2004 wurden innerhalb jeder HKZE-Temperatur die Varianten mit 20 Sekunden mit denen mit 100 Sekunden Erhitzungsdauer verglichen, um das Vorhandensein von Unterschieden zwischen

den Erhitzungszeiten zu erkennen. Besonders bei 60 °C wurde bei insgesamt vier Apfelsaftsorten (GD, Jg, Pl, To) ein signifikanter Unterschied erkannt.

Die Frage, durch welche Erhitzungsdauer der Saft (unabhängig von der Temperatur) dem frisch gepressten ähnlicher war, wurde in 90 % aller richtig erkannten Fälle mit der Variante „20 Sekunden“ (und nicht mit „100 Sekunden“) beantwortet.

Da im Temperaturbereich der HKZE von 70 bis 80 °C durch die Erhitzung eine beginnende farbliche Veränderung des Saftes festgestellt wurde (Abb. 2), wurden im Jahr 2005 diese Varianten einander bei gleicher Erhitzungsdauer (50 Sekunde) gegenübergestellt. Die Prüfpersonen konnten zwischen 70 und 80 °C unterscheiden, allerdings nur mit der statistisch minimal geforderten Anzahl richtiger Urteile (16 von 24). Zwischen 70 und 75 °C bzw. 75 und 80 °C konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Vom sensorischen Gesichtspunkt aus schien bei der HKZE sowohl bei den Produkten des Jahres 2004 die Dauer (20 s bis 100 s) als auch bei denen des Jahres 2005 die Temperatur (70 °C vs. 80 °C) nur bedingt von Bedeutung zu sein. Wenn Unterschiede in Bezug auf die Erhitzungsdauer gefunden wurden, dann vermehrt im niedrigen Temperaturbereich, in dem der Saft noch relativ geringer Erhitzung ausgesetzt war und sich eine erfolgte Erhitzung stärker auszuwirken schien bzw. im Bereich von 80 °C, in dem auch farblich merkliche Veränderungen attestiert wurden. Die Beeinflussung durch die Saftfarbe beim Dreieckstest konnte durch schwarz beschichtete Kostgläser eliminiert werden.

**Einfluss der Pasteurisation.** Inwieweit ein Unterschied zwischen Säften bestand, die nur HKZ-erhitzt

Tab. 4: Überblick über die durchgeführten Dreieckstests

|            |                                 | Erhitzung (HKZE, Past.)         |                                     |                                 | Richtig     | von | Signifikant |      |      |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|-----|-------------|------|------|
| 03         | WC                              | 80 °C/30 s + Past. 70 °C/10 min | vs.                                 | 80 °C/30 s + Past. 90 °C/20 min | 10          | 18  | Ja          |      |      |
|            | SW                              | 80 °C/30 s + Past. 70 °C/10 min | vs.                                 | 80 °C/30 s + Past. 90 °C/20 min | 7           | 15  |             | Nein |      |
|            | GV                              | 80 °C/30 s + Past. 70 °C/10 min | vs.                                 | 80 °C/30 s + Past. 90 °C/20 min | 5           | 18  |             | Nein |      |
| 04         | GV                              | 70 °C/40 s                      | vs.                                 | 94 °C/40 s                      | 10          | 18  | Ja          |      |      |
|            | Fl                              | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 7           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 7           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 4           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 6           | 18  |             | Nein |      |
|            | Ga                              | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     |             |     |             | Nein |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 6           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 7           | 18  |             | Nein |      |
|            | GD                              | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 5           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 11          | 18  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 8           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 11          | 18  | Ja          |      |      |
|            | Id                              | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 9           | 18  |             | Nein |      |
|            |                                 | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 4           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 4           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 10          | 15  | Ja          |      |      |
|            | Jg                              | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 3           | 21  |             | Nein |      |
|            |                                 | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 12          | 21  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 11          | 21  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 13          | 21  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 10          | 21  |             | Nein |      |
|            | Pl                              | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 9           | 15  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 11          | 15  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 7           | 15  |             | Nein |      |
|            | Pn                              | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 9           | 15  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 5           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 4           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 7           | 15  |             | Nein |      |
|            | To                              | 90 °C/20 s                      | vs.                                 | 90 °C/100 s                     | 3           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 60 °C/20 s                      | vs.                                 | 60 °C/100 s                     | 9           | 15  | Ja          |      |      |
|            |                                 | 70 °C/20 s                      | vs.                                 | 70 °C/100 s                     | 8           | 15  |             | Nein |      |
|            |                                 | 80 °C/20 s                      | vs.                                 | 80 °C/100 s                     | 7           | 15  |             | Nein |      |
|            | 05                              | Fl                              | 90 °C/20 s                          | vs.                             | 90 °C/100 s | 4   | 15          |      | Nein |
|            |                                 |                                 | 70 °C/50 s                          | vs.                             | 80 °C/50 s  | 16  | 24          | Ja   |      |
|            |                                 |                                 | 70 °C/50 s                          | vs.                             | 75 °C/50 s  | 6   | 24          |      | Nein |
|            |                                 |                                 | 75 °C/50 s                          | vs.                             | 80 °C/50 s  | 11  | 24          |      | Nein |
| 70 °C/50 s |                                 |                                 | vs.                                 | 70 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min | 14          | 24  |             | Nein |      |
| 80 °C/50 s |                                 |                                 | vs.                                 | 80 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min | 12          | 24  |             | Nein |      |
| 90 °C/50 s |                                 | vs.                             | 90 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min     | 16                              | 24          | Ja  |             |      |      |
| To         |                                 | 70 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min | vs.                                 | 90 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min | 15          | 24  |             | Nein |      |
|            | 70 °C/50 s + Past. 70 °C/5 min  | vs.                             | 90 °C/50 s + Past. 90 °C/15 min     | 10                              | 21          |     | Nein        |      |      |
|            | 70 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min | vs.                             | 70 °C/50 s + 2 x Past. 80 °C/10 min | 9                               | 21          |     | Nein        |      |      |

|                         | 20 s HKZE        |        |       |       |      | 50 s HKZE        |        |       |       |      | 100 s HKZE         |        |       |       |      |
|-------------------------|------------------|--------|-------|-------|------|------------------|--------|-------|-------|------|--------------------|--------|-------|-------|------|
|                         | Variante         | Mittel | Diff. | LSD   | Vgl. | Variante         | Mittel | Diff. | LSD   | Vgl. | Variante           | Mittel | Diff. | LSD   | Vgl. |
| Geruch<br>Intensität    | PL 2 (20''/70°C) | 53,28  |       | 7,75  |      | PL 6 (50''/70°C) | 57,92  |       | 9,25  |      | PL 10 (100''/70°C) | 52,19  |       | 9,07  |      |
|                         | PL 3 (20''/80°C) | 57,83  | 4,55  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 59,65  | 1,72  |       | =    | PL 9 (100''/60°C)  | 57,31  | 5,11  |       | =    |
|                         | PL 1 (20''/60°C) | 58,71  | 0,88  |       | =    | PL 8 (50''/90°C) | 68,10  | 8,46  |       | =    | PL 12 (100''/90°C) | 63,99  | 6,69  |       | =    |
|                         | PL 4 (20''/90°C) | 68,10  | 9,39  |       | >    | PL 7 (50''/80°C) | 72,30  | 4,19  |       | =    | PL 11 (100''/80°C) | 71,27  | 7,28  |       | =    |
| Geruch<br>Typizität     | PL 3 (20''/80°C) | 57,60  |       | 12,43 |      | PL 7 (50''/80°C) | 57,19  |       | 12,54 |      | PL 7 (50''/80°C)   | 62,23  |       | 9,83  |      |
|                         | PL 4 (20''/90°C) | 57,91  | 0,32  |       | =    | PL 8 (50''/90°C) | 59,51  | 2,32  |       | =    | PL 8 (50''/90°C)   | 67,76  | 5,53  |       | =    |
|                         | PL 1 (20''/60°C) | 62,08  | 4,17  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 62,93  | 3,42  |       | =    | PL 5 (50''/60°C)   | 68,31  | 0,55  |       | =    |
|                         | PL 2 (20''/70°C) | 64,05  | 1,97  |       | =    | PL 6 (50''/70°C) | 63,15  | 0,22  |       | =    | PL 6 (50''/70°C)   | 71,50  | 3,18  |       | =    |
| Geschmack<br>Intensität | PL 3 (20''/80°C) | 61,68  |       | 8,48  |      | PL 6 (50''/70°C) | 67,04  |       | 6,76  |      | PL 12 (100''/90°C) | 59,47  |       | 7,47  |      |
|                         | PL 2 (20''/70°C) | 65,58  | 3,90  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 67,35  | 0,31  |       | =    | PL 10 (100''/70°C) | 82,03  | 22,56 |       | >    |
|                         | PL 1 (20''/60°C) | 71,19  | 5,61  |       | =    | PL 7 (50''/80°C) | 71,43  | 4,08  |       | =    | PL 9 (100''/60°C)  | 89,72  | 7,69  |       | >    |
|                         | PL 4 (20''/90°C) | 72,38  | 1,19  |       | =    | PL 8 (50''/90°C) | 71,99  | 0,56  |       | =    | PL 11 (100''/80°C) | 90,13  | 0,41  |       | =    |
| Geschmack<br>Typizität  | PL 4 (20''/90°C) | 56,05  |       | 10,44 |      | PL 8 (50''/90°C) | 68,65  |       | 9,31  |      | PL 12 (100''/90°C) | 41,67  |       | 11,02 |      |
|                         | PL 1 (20''/60°C) | 56,62  | 0,57  |       | =    | PL 7 (50''/80°C) | 71,21  | 2,56  |       | =    | PL 11 (100''/80°C) | 58,15  | 16,48 |       | >    |
|                         | PL 3 (20''/80°C) | 56,91  | 0,29  |       | =    | PL 6 (50''/70°C) | 81,13  | 9,93  |       | >    | PL 10 (100''/70°C) | 67,41  | 9,26  |       | =    |
|                         | PL 2 (20''/70°C) | 65,69  | 8,78  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 83,65  | 2,52  |       | =    | PL 9 (100''/60°C)  | 70,25  | 2,84  |       | =    |
| Mund-<br>gefühl         | PL 4 (20''/90°C) | 50,25  |       | 10,67 |      | PL 7 (50''/80°C) | 51,00  |       | 8,54  |      | PL 11 (100''/80°C) | 55,14  |       | 10,62 |      |
|                         | PL 3 (20''/80°C) | 56,50  | 6,25  |       | =    | PL 8 (50''/90°C) | 55,30  | 4,30  |       | =    | PL 10 (100''/70°C) | 64,67  | 9,53  |       | =    |
|                         | PL 2 (20''/70°C) | 58,00  | 1,49  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 66,99  | 11,69 |       | >    | PL 9 (100''/60°C)  | 73,20  | 8,53  |       | =    |
|                         | PL 1 (20''/60°C) | 69,75  | 11,76 |       | >    | PL 6 (50''/70°C) | 71,38  | 4,40  |       | =    | PL 12 (100''/90°C) | 82,56  | 9,37  |       | =    |
| Gesamt-<br>urteil       | PL 1 (20''/60°C) | 51,89  |       | 14,28 |      | PL 7 (50''/80°C) | 54,61  |       | 9,73  |      | PL 12 (100''/90°C) | 37,20  |       | 11,25 |      |
|                         | PL 3 (20''/80°C) | 54,42  | 2,54  |       | =    | PL 8 (50''/90°C) | 58,21  | 3,60  |       | =    | PL 11 (100''/80°C) | 52,62  | 15,42 |       | >    |
|                         | PL 4 (20''/90°C) | 56,36  | 1,93  |       | =    | PL 5 (50''/60°C) | 62,94  | 4,73  |       | =    | PL 10 (100''/70°C) | 61,66  | 9,03  |       | =    |
|                         | PL 2 (20''/70°C) | 63,46  | 7,10  |       | =    | PL 6 (50''/70°C) | 65,17  | 2,23  |       | =    | PL 9 (100''/60°C)  | 63,80  | 2,15  |       | =    |

Abb. 3: Differenzen der sensorischen Daten bei 'Pilot' 2004 (LSD-Test)

und jenen, die anschließend pasteurisiert wurden, zeigten die Dreieckstests der Jahre 2003 und 2005. 2005 ergab sich bei 'Florina' nur im Vergleich der HKZE-Variante 90 °C/50 s mit der pasteurisierten Variante 90 °C/50 s + Past. 80 °C/10 min ein signifikanter Unterschied mit der minimal geforderten Anzahl richtiger Urteile (16 von 24). Bei Pasteurisationstemperaturen von 70 und 80 °C konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Bei der Variante 'Topaz' 2005 war durch die unterschiedlichen Bedingungen weder bei HKZE noch bei der Pasteurisation eine Auswirkung auf die sensorische Qualität des Saftes nachzuweisen. Auch bei den Varianten WC, SW und GV des Jahres 2003 zeigte sich, dass es vom sensorischen Standpunkt aus unerheblich war, ob der Saft bei 70 °C/10 min oder bei 90 °C/20 min pasteurisiert wurde.

Die Pasteurisation (im Berieselungspasteur mit anschließender Rückkühlung) hatte demnach kaum Auswirkungen auf die sensorische Qualität, und auch der Vergleich innerhalb der Pasteurisationsvarianten von unterschiedlicher Dauer und Temperatur brachte ein ähnliches Bild.

Daraus geht hervor, dass die sensorischen Eigenschaften des naturtrüben Saftes bereits mit den Bedingungen der HKZE festgelegt werden. Die nachfolgende Pasteurisation bringt keinen wesentlichen Effekt im Sinne einer Vergrößerung der sensorischen Unterschiede mehr mit

sich. Ebenso hatte die Variation der Pasteurisationsbedingungen (Dauer, Temperatur, zusätzliche zweite Pasteurisation) keinen Einfluss.

Die Dreieckstests To 2005 zeigen jedoch deutlich, dass selbst bei unterschiedlicher HKZE (70 bzw. 90 °C) keine statistisch gesicherten sensorischen Unterschiede gefunden wurden und die Pasteurisation die Unterschiede, die bei den ausschließlich HKZ-erhitzten Varianten noch vorlagen, ausgeglichen haben dürfte.

### Bewertende Prüfung mittels unstrukturierter Skala

Die Säfte des Jahres 2004 wurden von 60 bis 90 °C innerhalb jeder HKZE-Zeit (20 s, 50 s und 100 s) beurteilt, um jene Geschmacksschwelle zu finden, an der signifikant zwischen frisch gepresstem und erhitztem Saft unterschieden werden kann. In Abb. 3 werden exemplarisch alle LSD-Tests für den Apfelsaft der Sorte 'Pilot' (Pl 04) dargestellt. Auf Grund der Vielzahl der Resultate der sensorischen Beurteilung der Säfte wurde auf die detaillierte Darstellung aller Ergebnisse verzichtet. Im Folgenden werden die Ergebnisse zur unstrukturierten Skala verbal wiedergegeben, ohne dabei Apfelsorten im speziellen herauszugreifen (bei 'Florina' wurden die Varianten nicht unterschieden).

**Geruch-Intensität.** Es gab relativ wenige voneinander signifikant unterschiedliche Urteile. Im Geruch

wurden vor allem Varianten mit einer Erhitzungstemperatur von 90 °C als signifikant intensiver bewertet. Die Auswertung der Sensorik mittels unstrukturierter Skala zeigte deutlich, dass ausschließlich im Merkmal „Geruch-Intensität“ die bei 90 °C erhitzten Varianten signifikant höher bewertet wurden als die weniger hoch erhitzten. Die höhere Erhitzung dürfte besonders diese Eigenschaft stark beeinflussen.

**Geruch-Typizität.** Zwischen den Varianten mit einer Erhitzungsdauer von 20 Sekunden und 50 Sekunden wurden unverhältnismäßig mehr signifikante Unterschiede festgestellt als bei 100 Sekunden. Signifikante Unterschiede ergaben sich vor allem bei Apfelsäften der Sorten 'Gala', 'Idared' und 'Jonagold' und je nach Apfelsorte bei jeweils einer anderen Temperatur. Wenn aber ein Unterschied erkannt wurde, dann oft zwischen Varianten von nebeneinander liegenden Temperaturen (z. B. 70 und 80 °C). Wenig erhitzte Säfte zeigten einen signifikant typischeren Geruch.

**Geschmack-Intensität.** Die geschmackliche Intensität wurde ausschließlich bei einer Erhitzungsdauer von 100 Sekunden bei lediglich einer Apfelsorte (Pilot) im unteren Temperaturbereich (60 bzw. 70 °C) unterschieden.

**Geschmack-Typizität.** Wie im Geruch wurden auch hier weniger hoch erhitzte Säfte als typischer beurteilt. Es wurde zwischen den Varianten vor allem zwischen 80 und 90 °C und weniger oft im unteren Temperaturbereich unterschieden. Bei Varianten mit 20 Sekunden und 100 Sekunden wurde darüber hinaus bei einzelnen Apfelsorten die Erhitzung bei 60 bzw. 70 °C als für den Geschmack des Safts typischer bewertet als bei 80 °C und auch als nicht so „hart“ beschrieben.

**Mundgefühl.** Im Mundgefühl wurde insbesondere zwischen den Varianten 20 Sekunden und 100 Sekunden in Relation zu 50 Sekunden unterschieden. Bei 50 Sekunden Erhitzungsdauer wurden nur die 90 °C-Variante unterschiedlich von der 60 °C-Variante beurteilt. Hinsichtlich des Mundgefühls zeigte sich, dass bei 20 Sekunden und 100 Sekunden Erhitzungsdauer weniger hoch erhitzte Säfte weicher beurteilt wurden. Wie schon bei „Geruch-Typizität“ ergaben sich hier je nach Sorte unterschiedliche Aussagen. Es gab aber jeweils zwischen 60 und 70 °C bzw. zwischen 70 und 80 °C deutlich mehr signifikante Unterschiede als zwischen 80 und 90 °C (Ausnahme: 'Pilot').

**Gesamturteil.** So wie beim „Mundgefühl“ erkannte das Kosterpanel vor allem bei den Varianten mit 20 Sekunden und 100 Sekunden Erhitzungsdauer die meisten signifikanten Unterschiede (vor allem bei 'Golden Deli-

cious', 'Jonagold' und 'Topaz'), wobei im Allgemeinen bei gleicher Erhitzungsdauer der Saft mit weniger hoher Erhitzungstemperatur als ansprechender wahrgenommen wurde.

Bei „Typizität“, „Mundgefühl“ und „Gesamturteil“ wurden jeweils die meisten voneinander signifikant abweichenden Varianten erhoben. In der „Intensität“ wurden nur sehr wenige Unterschiede signifikant erkannt. In Bezug auf die Sorten wurden bei 'Idared' und 'Jonagold' jeweils die meisten signifikanten Unterschiede (vor allem bei „Geruch-Typizität“ und „Geschmack-Typizität“) gefunden. Die Sorten 'Golden Delicious', 'Gala' und 'Pilot' wiesen ebenfalls in „Geruch-Typizität“ und im „Mundgefühl“ deutliche Unterschiede auf, während bei 'Pinova' und 'Topaz' kaum Differenzen festgestellt wurden. Dieses Ergebnis unterstreicht unter anderem die Fähigkeit des Panels, den Deskriptor „Typizität“ reproduzierbar wiederzugeben.

Der Vergleich „HKZE 80 °C/100 s“ mit den jeweils pasteurisierten Säften (70 °C, 80 °C und 90 °C, jeweils 15 min) der Sorte 'Pinova' zeigte nur beim Merkmal, „Mundgefühl“ eine signifikant höhere Bewertung der ausschließlich hochkurzzeit-erhitzten Probe. Ansonsten konnten keine Ungleichheiten zwischen den hochkurzzeit-erhitzten und den pasteurisierten Säften erfasst werden. Dies stützt die Vermutung, dass die Pasteurisation deutlich weniger die Qualität des Saftes beeinflusst als die Verarbeitungsbedingungen zuvor.

Die Auswertung der Sensorik mittels unstrukturierter Skala ergab, dass in Bezug auf die bewertende sensorische Prüfung keine für alle Säfte allgemein gültige Aussage über eine optimale Erhitzungstemperatur getroffen werden konnte. Generell war jedoch deutlich, dass bei niedriger Temperatur erhitzte Säfte (60 °C, 70 °C und 80 °C) als „typischer“ und „intensiver“ in Geruch und Geschmack und weicher im „Mundgefühl“ eingestuft werden als Säfte, die höher erhitzt wurden (90 °C). Die bei geringerer Temperatur erhitzten Säfte (60 °C und 70 °C) wurden bei den Deskriptoren „Geschmack-Intensität“, „Geschmack-Typizität“, „Mundgefühl“ und „Gesamturteil“ höher eingestuft als höher erhitzte Säfte. Das bedeutet, dass insgesamt vier von sechs untersuchten Merkmalen bei geringerer Erhitzung eine höhere Bewertung erfuhren. Auch zeigte sich, dass eine Erhitzungsdauer von 50 Sekunden die Unterschiede vor allem bei den Attributen „Geruch-Intensität“, „Mundgefühl“ und „Gesamturteil“ zu verringern vermag.

**Rangsummen.** Die Auswertung der Rangsummenergebnisse der bewertenden Prüfung mittels unstrukturi-

rierter Skala (Abb. 4) zeigte, dass die Intensität im Geruch bei wenig hoch erhitzten Varianten (60 und 70 °C) und 80 °C/20 s gering war. Typisch im Geruch waren vor allem die wenig hoch erhitzten Varianten. Intensiv schmeckten tendenziell hoch erhitzte Varianten (90 °C) mit jeweils 20 Sekunden und 50 Sekunden Erhitzungsdauer. Die bei 60 und 70 °C erhitzten Säfte wurden gesamthaft besser bewertet, gefolgt von den Varianten mit 80 und schließlich 90 °C. Bis zu 0,015 PE (entspricht 60 °C/100 s) ergaben sich nur geringe Unterschiede.

Die Korrelation der HKZE-Apfelsäfte 2004 zeigte, dass im Allgemeinen alle Merkmale bis auf den Bereich „In-

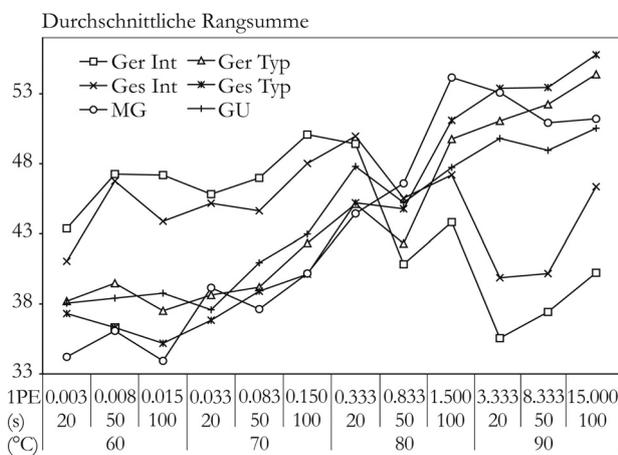


Abb. 4: Durchschnittliche Rangsummen der Deskriptoren in Abhängigkeit von den HKZE-Varianten (HKZE-Apfelsäfte 2004)

intensität“ gut miteinander korrelierten. Die Farbe korrelierte mit „Geruch-Intensität“ positiv, was bedeutete, dass die Farbe bei höherer Intensität heller war. Ein dunkler Saft war weniger Hitze ausgesetzt und war typischer und hatte ein intensiveres Mundgefühl.

Der Vergleich mit der einwirkenden Wärmemenge (PE) ergab ein ähnliches Bild. Geringe „Typizität“, „Mundgefühl“ und „Gesamturteil“ gingen mit hoher Hitze einwirkung einher, bei „Intensität“ war es umgekehrt. Das „Gesamturteil“ wurde unter anderem besonders mit „Typizität“ und „Mundgefühl“ in Beziehung gesetzt, worauf sich die Vermutung stützt, dass diese Eigenschaften sehr wichtig für das Gesamturteil sein dürften. „Geschmack-Intensität“ korrelierte mit „Geruch-Intensität“.

In Tabelle 5 sind die Korrelationen zwischen den Deskriptoren dargestellt.

Vor allem der Deskriptor „Typizität“ korrelierte mit „Mundgefühl“ und „Gesamturteil“ und im Allgemeinen auch öfter als die „Intensität“.

„Typizität“ bezieht sich insbesondere auf das Aroma, während „Mundgefühl“ den Eindruck beschreibt, wie „hart“ bzw. „weich“ der Saft schmeckt, weshalb diese Deskriptoren eigentlich in keinem direkten kausalen Zusammenhang stehen. Es konnte aber gezeigt werden, dass ein bei 60 oder 70 °C erhitzter Saft als „typischer“ und gleichzeitig auch „weicher“ wahrgenommen wurde. Dies legt den Schluss nahe, dass für beide Sinnesindrücke die gleichen Aromakomponenten maßgeblich sind bzw. durch die Erhitzung auf über 80 °C diese gleichzeitig reduziert bzw. verändert wurden.

Aus zahlreichen Arbeiten geht hervor, dass es im Zuge der Verarbeitung zu einer Reduktion von Aromakomponenten kommt. JANZANTTI et al. (2003) und SU et al. (1998) konnten bei Apfelsaft zeigen, dass den größten Verlust diesbezüglich der Erhitzungsschritt zur Folge hatte und dass nach der Erhitzung nur mehr die Aromastoffe Hexanal, Butylacetat, Hexylacetat und 2-Methylbutylacetat in nennenswerter Konzentration vorlagen.

Die Vielzahl der anderen Aromakomponenten, die in geringerer Menge vorliegen und schneller verloren ge-

Tab. 5: Korrelation der Deskriptoren (HKZE-Varianten Apfelsäfte 2004) nach Spearman's Rho: \*(signifikant bei p = 0,05); \*\* (signifikant bei p = 0,01); - (negative Korrelation)

|                          | Geruch Intensität | Geruch Typizität | Geschmack Intensität | Geschmack Typizität | Mundgefühl | Gesamturteil | PE   |
|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------|---------------------|------------|--------------|------|
| Farbe                    | **                | **/-             |                      | **/-                | **/-       | **/-         | **/- |
| Pasteurisationseinheiten | **/-              | **               |                      | **                  | **         | **           |      |
| Gesamturteil             |                   | **               | **                   | **                  | **         |              |      |
| Mundgefühl               |                   | **               |                      | **                  |            |              |      |
| Geschmack Typizität      | */-               | **               |                      |                     |            |              |      |
| Geschmack Intensität     | **                |                  |                      |                     |            |              |      |
| Geruch Typizität         |                   |                  |                      |                     |            |              |      |

hen, dürfte in diesem Zusammenhang auch bei HKZ-erhitzten Säften nicht unwesentlich zur Veränderung des sensorischen Erscheinungsbildes beitragen.

**Veränderung von Trubstabilität und Farbe infolge HKZE**

Die Trub- und Farbstabilität stellt ein wichtiges Qualitätskriterium von naturtrübem Saft dar. ZIMMER et al. (1996) vermerkten, dass eine Trubstabilität von mehr als 50 % Resttrub generell als positiv zu bewerten ist. Hinsichtlich der Trubstabilität zeigte sich bei allen untersuchten Obstarten, dass der Trubverlust innerhalb der ersten drei Monate stattfand und danach kein weiterer Trubverlust mehr zu beobachten war (Abb. 5). Die Entsaftung mittels Bandpresse hatte sehr trubreiche Säfte zur Folge, weshalb die Säfte für die Trübungsmessung verdünnt werden mussten. Der Wert „ $\Delta(TE/F)$ “ gibt die absolute Änderung der Trübung bezogen auf den Ausgangswert wieder, der Wert „% TE/F“ bezeichnet die verbleibende Trübung in Prozent.

Es konnte auch keine Abhängigkeit zwischen Trubverlust und den Bedingungen bei der HKZE festgestellt

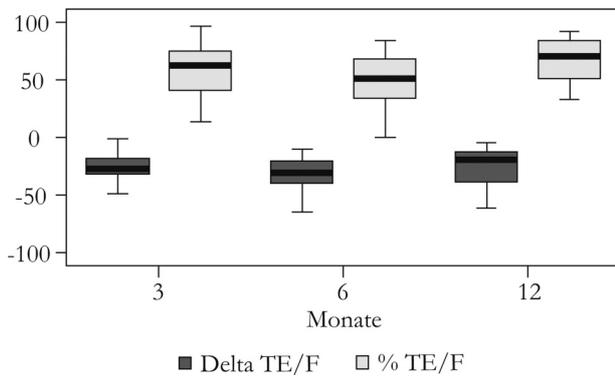


Abb. 5: Veränderung des Trubs aller HKZE-Varianten (vgl. Tab. 2) während der Lagerung

werden (Abb. 6).

Der Vergleich der unterschiedlichen Obstarten (Abb. 7) machte deutlich, dass der absolute Trubverlust bei der Traube signifikant am höchsten war, der relative Trubverlust (in %) jedoch durchaus den Säften einiger Apfelsorten (GD, Jg und Pl) gleichzusetzen war (ca. 75 % Trubverlust).

Bei den Farbvalenzwerten  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  nach Hunter wurde sowohl die absolute Änderung des Farbwertes als auch die prozentuelle Änderung (Steigung der Regressionsgeraden) berücksichtigt (analog zur Trübung).

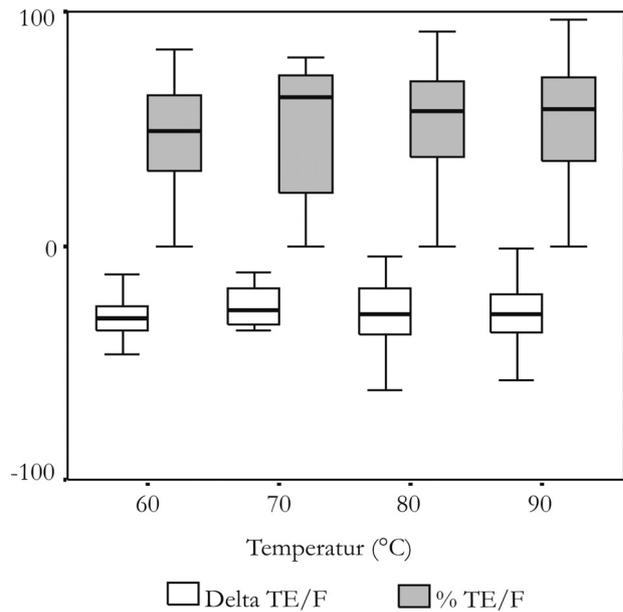


Abb. 6: Veränderung des Trubs aller HKZE-Varianten (vgl. Tab. 2) in Abhängigkeit von der Temperatur

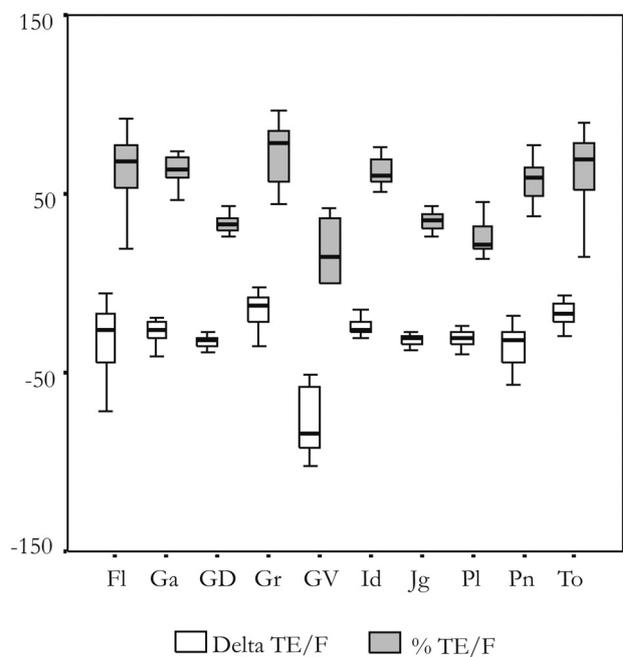


Abb. 7: Veränderung des Trubs aller HKZE-Varianten (vgl. Tab. 2), gelistet nach Sorten

Tab. 6: Korrelation der Veränderung der Farb- und Trübungswerte (alle HKZE-Varianten) nach Spearman's Rho: \* (signifikant bei p = 0,05); \*\* (signifikant bei p = 0,01); - (negative Korrelation)

|             |      |             |      |             |     |             |       |
|-------------|------|-------------|------|-------------|-----|-------------|-------|
| L* Steigung | **   |             |      |             |     |             |       |
| Δa*         | -/** |             |      |             |     |             |       |
| a* Steigung | -/*  |             | **   |             |     |             |       |
| Δb*         | **   | **          |      | *           |     |             |       |
| b* Steigung | **   | **          | -/** | -/**        | **  |             |       |
| ΔTE/F       | **   | **          | -/** |             | **  | **          |       |
| % TE/F      | **   | **          | -/** | -/*         |     | -/*         | **    |
|             | ΔL*  | L* Steigung | Δa*  | a* Steigung | Δb* | b* Steigung | ΔTE/F |

Tab. 7a: Korrelation der gemessenen Farb- und Trübungswerte (alle HKZE-Varianten) nach Spearman's Rho: \* (signifikant bei p = 0,05); \*\* (hoch signifikant bei p = 0,01); - (negative Korrelation)

|    | Anfang |      |      | 3 Monate |    |      | 6 Monate |    |      | 12 Monate |    |      | Gesamt |      |      |
|----|--------|------|------|----------|----|------|----------|----|------|-----------|----|------|--------|------|------|
|    | a*     | b*   | TE/F | a*       | b* | TE/F | a*       | b* | TE/F | a*        | b* | TE/F | a*     | b*   | TE/F |
| L* | -/**   | **   | **   | -/**     | ** | **   | -/**     | *  | **   | -/**      |    | **   | -/**   | **   | **   |
| a* |        | -/** | -/** |          |    | -/** |          |    | -/** |           | *  | -/** |        | -/** | -/** |
| b* |        |      | **   |          |    | **   |          |    | **   |           |    |      |        |      | **   |

Tab. 7b: Regressionskoeffizienten für die Farbwerte in Abhängigkeit vom Trübungswert

|              | y  | x                 | y =               | R <sup>2</sup> |
|--------------|----|-------------------|-------------------|----------------|
| Anfang       | L* | TE/F              | 0,1093x + 29,85   | 0,4975         |
|              | a* |                   | -0,0112x - 1,2743 | 0,1269         |
|              | b* |                   | 0,0812x - 1,6474  | 0,715          |
| Drei Monate  | L* |                   | 0,1908x + 27,496  | 0,816          |
|              | a* |                   | -0,0277x - 0,0642 | 0,4972         |
|              | b* |                   | 0,0531x - 0,3056  | 0,3592         |
| Sechs Monate | L* |                   | 0,1462x + 28,544  | 0,7282         |
|              | a* |                   | -0,0219x - 0,0911 | 0,4516         |
|              | b* |                   | 0,0233x + 0,9933  | 0,0713         |
| Zwölf Monate | L* | 0,1753x + 27,193  | 0,7385            |                |
|              | a* | -0,0232x + 0,0051 | 0,6417            |                |
|              | b* | 0,0045x + 1,6146  | 0,0048            |                |

Die Werte für den Rotton a\* stiegen im Zuge der Lagerung um ca. 0,5 bis 2,0 Einheiten an, b\* (Gelbton) und L\* (Helligkeit) nahmen jeweils bis zu 3,0 bzw. 5,0 Einheiten ab (Abb. 8). Das heißt, dass die Säfte allgemein mehr rote Farbanteile annahmen, etwas dunkler wirken und gelbe Anteile zugunsten blauer Anteile verloren. Diese Veränderungen geschahen vor allem im Temperaturbereich von 80 und 90 °C. Zwischen den Obstarten zeigten sich diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede (Ergebnisse nicht dargestellt). Die absolute Änderung von L\*, a\*, b\* und TE/F (Δ) korrelierte jeweils mit der relativen Änderung (Steigung; %).

Die ΔL\* Werte korrelierten vor allem mit den Δa\* (negativ) und Δb\* (positiv) Werten, ebenso bestand ein negativer Zusammenhang zwischen den Δa\* und den b\* (Steigung) Werten. Die Werte des Trubverlustes korrelierten hochsignifikant mit einem Anstieg in der Helligkeit und deutlich negativ mit der Änderung von a\*, jedoch nicht eindeutig mit b\* (Tab. 6).

Die Gegenüberstellung der gemessenen Werte für Farbe und Trübung brachte signifikante Zusammenhänge besonders zwischen den Werten TE/F und L\*, a\* und b\* bzw. L\* und a\* (Tab. 7a). Besonders stark veränderte sich die Helligkeit L\* mit der Trübung (Tab. 7b). So stieg L\* mit jeder Trübungseinheit um den Faktor 0,1093 bis 0,1908 an. Beim Rotton a\* war dieser Faktor wesentlich geringer (-0,0112 bis -0,0219).

Es wurden, selbst unter Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen TE/F und a\*, auch keine Zusammenhänge bezüglich Änderung von Trub bzw. a\* in Bezug auf die Hitzeeinwirkung (PE) und auf die HKZE (Temperatur und Zeit) nachgewiesen. Daher konnte die von STEIL (2001) vorgeschlagene Korrelation von a\* mit der Bräunungsreaktion (in naturtrüben Apfelsaftkonzentraten und Direktsäften) nicht bestätigt werden.

Die relative Änderung von b\* war bei einer Erhitzung von 80 und 90 °C signifikant unterschiedlich zu 60 und 70 °C, das heißt, dass ab 0,33 PE (entspricht 80 °C, 20 s) die Säfte farblich signifikant mehr Gelbanteile

verloren. Die absolute Abnahme in der Helligkeit war tendenziell stärker bei höheren HKZE-Temperaturen (Abb. 8).

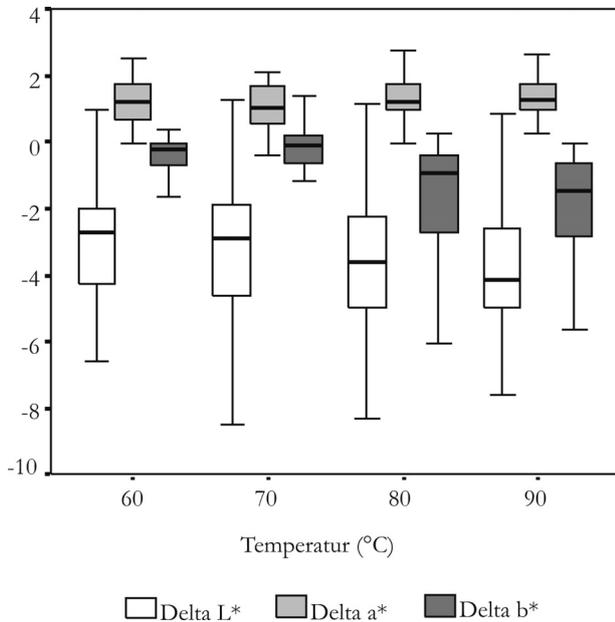


Abb. 8: Veränderung der Farbe aller HKZE-erhitzten Varianten (vgl. Tab. 2) während der Lagerung in Abhängigkeit von der Temperatur bei der HKZE

**Veränderung von Trubstabilität und Farbe nach der Pasteurisation**

Da bei der Pasteurisation auch sowohl die Aufheiz- als auch die Abkühlphase (von/bis 60 °C) berücksichtigt wurde, zeigt Tabelle 8 die tatsächlich gemessenen Pasteurisationseinheiten nach der Berieselungspasteurisation. Nach der Pasteurisation zeigte sich bei allen pasteurisierten Varianten, dass in den ersten sechs Monaten die absolute Veränderung sehr gering war und trotz der durch die Bandpresse verursachten hohen Trubbela-stungen der Versuchssäfte kaum Verluste beobachtet werden konnten (Abb. 9). Die prozentuelle Berechnung war jedoch insbesondere in den ersten drei Monaten durch eine breite Streuung der Ergebnisse gekennzeich-

net und bewegte sich im Bereich von 55 bis 95 % Trubstabilität. Nach sechs und in weiterer Folge nach zwölf Monaten ergaben sich bei den pasteurisierten Säften prozentuell etwas schlechtere Werte als bei den HKZE-Varianten (vgl. Abb. 5).

Die Analyse der pasteurisierten Varianten in Bezug auf

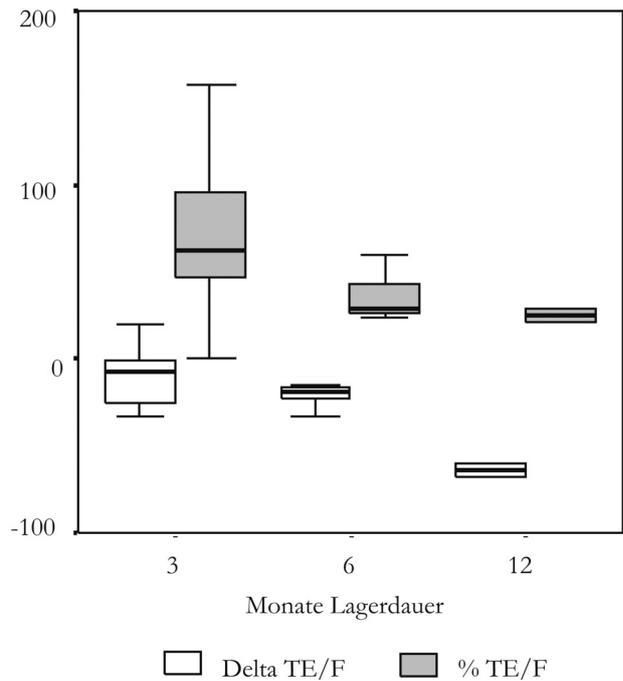


Abb. 9: Veränderung des Trubs aller pasteurisierter Varianten (vgl. Tab. 3) während der Lagerung

die HKZE wies darauf hin, dass im Bereich von bei Hochkurzzeiterhitzungstemperaturen von 75 bis 80 °C die Trubstabilität bei allen Obstsorten und -arten absolut gesehen geringer war als bei 70 und 85 °C (Abb. 10a). Die dabei unter anderem beobachtete Zunahme des Trubgehalts in insgesamt zehn Fällen könnte die Zersetzung des Trubs als Ursache haben und wurde unabhängig von Sorte und Zeitpunkt der Messung festgestellt. Dem steht eine etwas verbesserte Trubstabilität bei der Aufgliederung in Bezug auf die Pasteurisations-

varianten gegenüber, wo die Varianten bei 75 und 85 °C beinahe keinen Trub verloren (Abb. 10b).

Veränderungen bei den Parametern Helligkeit, Farbe, Gelb-Blau-Bereich und Trub waren bei einer Pasteurisa-

Tab. 8: Überblick über die resultierenden Pasteurisationseinheiten der pasteurisierten Varianten bei 70, 80 und 90 °C

| Pasteurisationsdauer (min) | 5    |      |      | 10    |       |       | 15     |        |        |
|----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                            | 70   | 80   | 90   | 70    | 80    | 90    | 70     | 80     | 90     |
| PE                         | 1,29 | 1,84 | 2,44 | 17,93 | 23,28 | 27,72 | 106,80 | 160,05 | 207,44 |

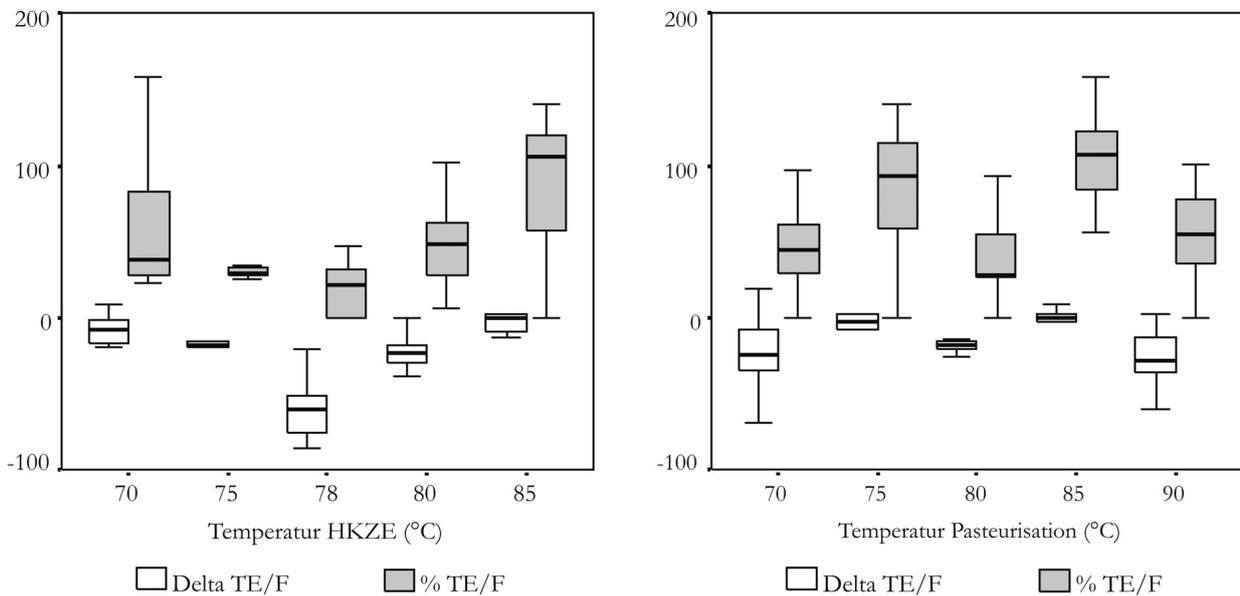


Abb. 10 a und b: Veränderung des Trubs aller pasteurisierter Varianten (vgl. Tab. 3) in Abhängigkeit von der Temperatur bei der HKZE (links) und bei der Pasteurisation (rechts)

tion von 75 bis 85 °C am geringsten (Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 13). Die Dauer der Pasteurisation hatte im Bereich von 70 bis 85 °C keinen signifikanten Einfluss auf Trub- und Farbstabilität.

Generell ergab eine Pasteurisation von 20 Minuten im Zuge der Lagerung nach sechs Monaten tendenziell hellere Säfte (Abb. 11) mit zunehmenden Gelbanteilen (Abb. 12). Es konnte keine Abhängigkeit von Obstsorte oder -art nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zur HKZE hatte die Pasteurisation im Bereich von 75 bis 85 °C eine farbstabilisierende Wirkung, daher kam es zu keinen wesentlichen Veränderungen der Farbe. Allgemein war die Dauer der Pasteurisation von geringerer Bedeutung als die Temperatur, obwohl tendenziell eine Pasteurisationsdauer von 20 Minuten eine bessere Farb- und Trubstabilität mit sich brachte als eine kurze Pasteurisation von fünf Minuten.

**Veränderung von Trubstabilität und Farbe durch doppelte Pasteurisation**

Das zweimalige Pasteurisieren von Säften erfolgt in der Praxis unter anderem aus der Notwendigkeit heraus, Säfte einzulagern und erst bei Bedarf mit anderen Säften zu mischen.

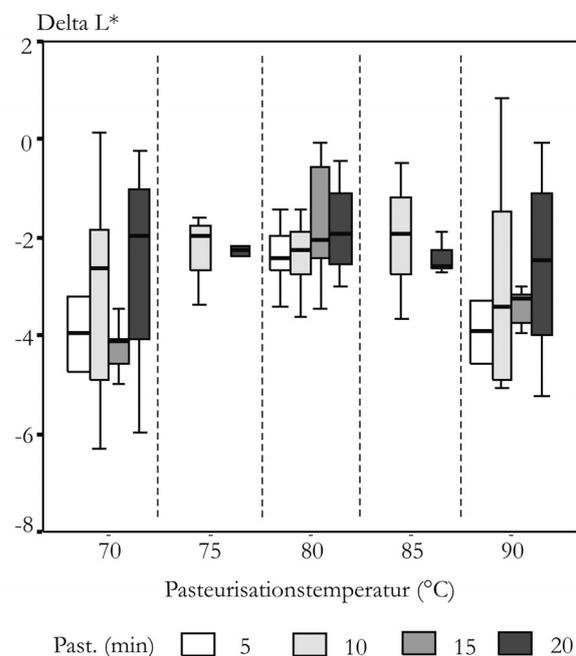


Abb. 11: Veränderung der Helligkeit der pasteurisierten Säfte während der Lagerung (in Abhängigkeit von den Pasteurisationsbedingungen)

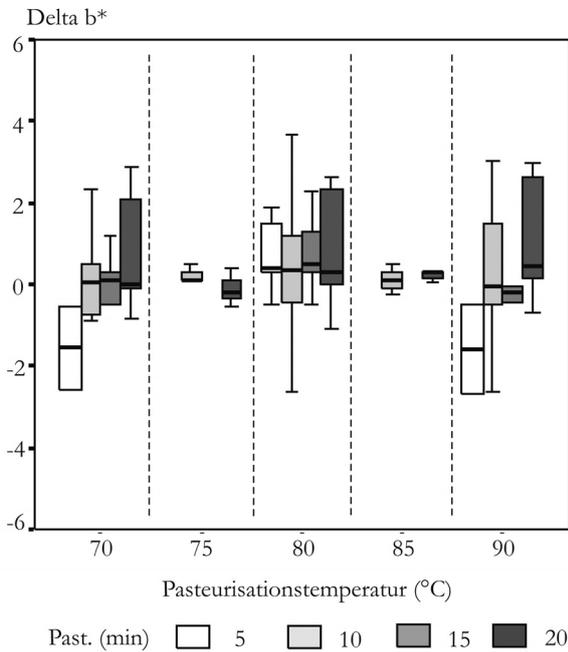


Abb. 12: Veränderung der gelben Farbkomponente der pasteurisierten Säfte während der Lagerung in Abhängigkeit von den Pasteurisationsbedingungen

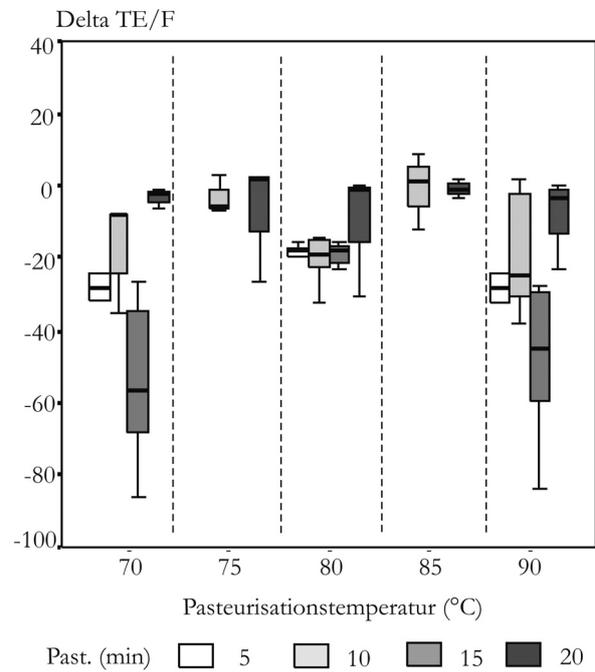


Abb. 13: Veränderung des Trubs der pasteurisierten Säfte während der Lagerung in Abhängigkeit von den Pasteurisationsbedingungen

Die zweite Pasteurisation bei 80 °C/10 min hatte zur Folge, dass die Trubstabilität nach sechs Monaten von 27 % auf 52 % deutlich verbessert werden konnte (Abb. 14). Auch die Helligkeit blieb nach sechs Monaten Lagerzeit annähernd unverändert (Ergebnisse nicht dargestellt). Auf Grund der geringen Probenanzahl konnte jedoch lediglich geschlossen werden, dass eine

zweite Pasteurisation auf die Qualität (Farbwerte, Trubstabilität) zumindest keinen negativen Einfluss hatte.

## Diskussion

### Sensorik

Es konnte gezeigt werden, dass besonders optische Unterschiede einfach erkannt und den Bedingungen bei der Hochkurzweizerhitzung zugeordnet werden konnten. Der Übergang von den dunklen zu den hellen Säften war im Bereich von 70 °C/100 s und 80 °C/20 s. Weniger stark erhitzte Säfte wurden gesamtheitlich vorgeeicht. Säfte, die auf 80 bzw. 90 °C erhitzt wurden, wurden härter im „Mundgefühl“ und weniger typisch in „Geruch“ und „Geschmack“ beurteilt. Die „Intensität“ stellt bezüglich Geruch und Geschmack ein Merkmal dar, das generell schwer zu erkennen war. Die bei 90 °C erhitzten Säfte wurden als am wenigsten „typisch“ bewertet.

Die Bedingungen bei der HKZE wirkten sich unmittelbar auf die sensorischen Eigenschaften aus, während

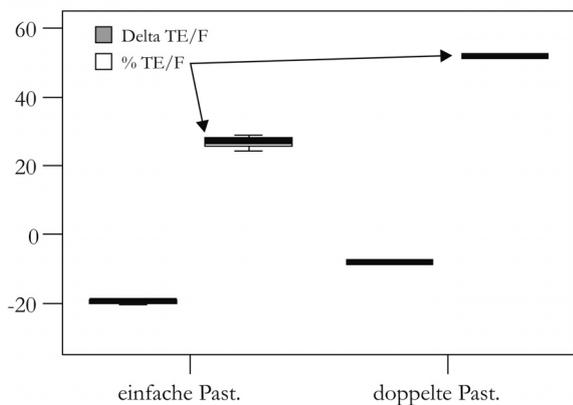


Abb. 14: Vergleich des Trubverlusts bei einfacher und doppelter Pasteurisation (nach 6 Monaten Lagerdauer)

den Bedingungen bei der Pasteurisation eine sehr untergeordnete Bedeutung zukam.

### Farb- und Trubstabilität

Die Untersuchungen zur Trubstabilität zeigten, dass bei den HKZE-Varianten nach drei Monaten kein weiterer Trubverlust mehr zu beobachten war und diese in etwa gleich hoch und unabhängig von den Bedingungen bei der HKZE waren. Durch die Pasteurisation musste vor allem bei 70 und 90 °C und bei einer Lagerdauer von sechs bis zwölf Monaten mit erhöhtem Trubverlust gerechnet werden.

Höher HKZ-erhitzte Säfte sind deutlich heller als weniger hoch erhitzte. Während sich die Farbwerte bei der HKZE unterschiedlich änderten, konnte bei den gewählten Parametern der HKZE und der Pasteurisation im Bereich von 75 bis 85 °C aber keine Unterschiede in Bezug auf die Farbstabilität festgestellt werden.

Die zweite Pasteurisation erbrachte eine Verbesserung der Trub- und Farbstabilität.

Der für die Qualität optimale Bereich lag sowohl für HKZE als auch für die Pasteurisation im Bereich von 75 bis 85 °C (entsprechend einer Hitzebelastung von ca. 0,33 PE) und war in diesem Temperaturbereich unabhängig von der einwirkenden Zeitdauer.

### Literatur

- CASTALDO, D. and LOIUDICE, R. 1997: Presence of residual pectin methylsterase activity in thermally stabilized industrial fruit preparations. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 30: 479-484
- FUKUTANI, K., SANO, K., YAMAYUCHI, T. and OGANA, H. 1988: Production of turbid apple juice and apple puree. *Basic Patent JP 62259568 A2 871111*
- GIERSCHNER, K. and BAUMANN, G. 1988. New method of producing stable cloudy fruit juices by the action of pectolytic enzymes. *Ind. Obst- Gemüseverarbeitung* 54: 217-218
- JANZANTI, N., FRANCO, M.R. e WOSIACKI, G. 2003: Efeito do processamento na composicao de volateis de suco clarificado de maca Fuji. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 23: 523-528
- KRAPFENBAUER, G., KINNER, M., GÖSSINGER, M., SCHÖNLECHNER, R. and BERGHOFER, E. 2006. Effect of thermal treatment on the quality of cloudy apple juice. *J. Agric. Food Chem.* 54: 5453-5460
- MCKENZIE, D.L. and BEVERIDGE, T. 1998: The effect of storage, processing and enzyme treatment on the microstructure of cloudy Spartan apple juice particulate. *Food Microstructure* 7: 195-203
- RIAH, E. and RAMASWAMY, H.S. 2003: High-pressure processing of apple juice: kinetics of pectinesterase inactivation. *Bio-technol. Progr.* 19: 908-914
- STEIL, A. (2001): Untersuchungen chemischer und sensorischer Veränderungen bei der Lagerung von naturtrüben Apfelsaftkonzentraten und Direktsäften unter Berücksichtigung der Herstellungsverfahren. - Diss. Univ. Giessen, 2001
- WEISS, J. and ZENZ, H. 1989: Reduction of panel variances by a simple two step normalization procedure for graphical line scale. *Acta Alimentaria* 18: 313-323
- ZIMMER, E., PECORONI, S., DIETRICH, H. und GIERSCHNER, K. 1996. Bewertung der Trübungsstabilität naturtrüber Säfte. *Flüss. Obst* 63(1): 16-20

Manuskript eingelangt am 27. September 2006