

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbolverzeichnis .....</b>	<b>v</b>
<b>Umrechnungstabellen .....</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Umgebungsbedingungen und äußere Einflüsse auf Lebensmittel .....	3
2.2 Einfluss von Sauerstoff und Licht auf Lebensmittel.....	6
2.2.1 Biotische Schädigungsmechanismen .....	6
2.2.2 Abiotische Schädigungsmechanismen.....	7
2.2.2.1 Oxidationsgeschwindigkeit von Lebensmittel-Inhaltsstoffen .....	7
2.2.2.2 Autoxidation .....	9
2.2.2.3 Photooxidation.....	11
2.2.3 Oxidative Schädigungsmechanismen bei Wurstwaren.....	13
2.2.4 Oxidative Schädigungsmechanismen bei Milchprodukten.....	16
2.3 Lösungs- und Diffusionsvorgänge von Sauerstoff in Lebensmitteln.....	20
2.4 Verpackungsmöglichkeiten oxidativ anfälliger Produkte (Verpackungsarten / Verpackungskonzepte) .....	26
2.4.1 Vakuumverpackungen .....	26
2.4.2 Schutzgasverpackungen (MAP).....	27
2.4.3 Aktive Verpackungssysteme.....	28
2.4.3.1 Definition.....	28
2.4.3.2 Rechtliche Situation.....	30
2.4.3.3 Sauerstoff-Scavenger in Lebensmittelverpackungen .....	31

<b>2.5 Sauerstoff-Reaktionskinetik .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.1 Reaktionskinetik von Lebensmitteln .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.2 Reaktionskinetik von Sauerstoff-Scavengern.....</b>	<b>38</b>
<b>3 Materialien und Methoden .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Analysenmethoden.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1 Messung von Sauerstoffpartialdrucken .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.2 Farbmessung .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.3 Bestimmung der Beleuchtungsstärke und Bestrahlungsstärke .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1.4 Sensorische Untersuchungen (Profilprüfung).....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.5 Bestimmung des Riboflavingehaltes .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1.6 Bestimmung der Wasseraktivität (<math>a_w</math>-Wert) .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1.7 Bestimmung des relativen Wassergehaltes.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.8 pH-Wert Messung.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.9 Bestimmung der Sorptionseigenschaften.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1.10 Atomabsorptionsspektrometrie .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1.11 Röntgenfluoreszenzanalyse .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Verpackungsmethoden.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.1 Verschließen von Menüschenalen .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.2 Verschließen von Bechern .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3 Folienextrusion.....</b>	<b>56</b>
<b>3.4 Packstoffprüfung .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4.1 Lichttransmissionsmessung .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4.2 Sauerstoffdurchlässigkeitbestimmung .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4.3 Bestimmung der Wasserdampfsorptionseigenschaften .....</b>	<b>58</b>

3.4.4 Bestimmung des Schichtaufbaus der hergestellten Folien.....	59
<b>3.5 Versuchsdurchführung .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.1 Versuche in Messzellen / Modellversuche.....</b>	<b>59</b>
3.5.1.1 Charakterisierung der Sauerstoff-Zehreigenschaften von Sauerstoff-Scavengern..	59
3.5.1.2 Charakterisierung des Einflusses von Sauerstoff und Licht auf Wurstwaren .....	66
3.5.1.3 Charakterisierung des Einflusses von Sauerstoff und Licht auf Naturjoghurt .....	76
3.5.2 Versuche mit abgepackten Lebensmitteln .....	79
3.5.2.1 Leberkäse.....	79
3.5.2.2 Naturjoghurt.....	81
<b>4 Ergebnisse und Diskussion.....</b>	<b>83</b>
4.1 Einfluss von Sauerstoff und sichtbarem Licht auf Wurstwaren.....	83
4.1.1 Sauerstoffzehrkinetik von Leberkäse.....	83
4.1.2 Vergrauungskinetik von Leberkäse .....	89
4.1.3 Simulation unterschiedlicher Verpackungsbedingungen.....	101
4.1.4 Einfluss der Schichtdicke von Leberkäse auf die formale Geschwindigkeitskonstante k .....	104
4.1.5 Modellversuche zur Ermittlung von Stofftransport-Kennwerten für Sauerstoff in Leberkäse sowie in einem Simulanzmedium .....	107
4.2 Einfluss von Sauerstoff und sichtbarem Licht auf Milchprodukte.....	109
4.2.1 Einfluss von sichtbarem Licht auf die Sauerstoffverteilung in Naturjoghurt unter unterschiedlichen Lagerbedingungen .....	109
4.2.2 Kinetik der Farbveränderung von Naturjoghurt.....	113
4.2.3 Ermittlung der Sauerstoffzehrung bei unterschiedlichen Verpackungs- und Lagerbedingungen .....	116
4.2.4 Einfluss der Joghurtmenge auf die formale Geschwindigkeitskonstante k .....	121
4.2.5 Modellversuche zur Ermittlung von Stofftransport-Kennwerten für Naturjoghurt ....	122

4.3 Sauerstoffzehrkinetik eisenbasierter Sauerstoff-Scavenger-Systeme .....	124
4.3.1 Zehrkinetik Scavenger Typ 1 (Shelfplus®).....	124
4.3.2 Zehrkinetik Scavenger-Typ 2 (Sachets) .....	135
4.3.3 Vergleich der beiden Scavenger-Varianten .....	142
4.4 Anwendungsaspekte eisenbasierter Sauerstoff-Scavenger .....	144
4.4.1 Einführung einer „Karenzzeit“ vor Licht-Exposition der verpackten Produkte.....	144
4.4.2 Leberkäse unter Schutzgasatmosphäre .....	146
4.4.3 Naturjoghurt.....	152
<b>5 Zusammenfassung.....</b>	<b>163</b>
<b>6 Ausblick.....</b>	<b>171</b>
<b>7 Literatur .....</b>	<b>173</b>
7.1 Fachliteratur .....	173
7.2 Eigene Veröffentlichungen und Tagungsbeiträge zur Anwendbarkeit von Sauerstoff-Scavengern .....	185
<b>8 Anhang .....</b>	<b>189</b>