

**INHALTSVERZEICHNIS**

**INHALTSVERZEICHNIS .....I**  
**TABELLENVERZEICHNIS..... V**  
**ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... VII**  
**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ..... IX**

**1 EINLEITUNG .....1**

**2 SCHRIFTTUM.....3**

2.1 Allgemeines zu Zearalenon .....3

2.2 Physikalisch-chemische Eigenschaften von Zearalenon .....3

2.3 Bildung und Vorkommen von Zearalenon .....5

2.4 Toxizität und Risikobewertung von Zearalenon .....7

2.5 Metabolismus von Zearalenon nach oraler Aufnahme..... 13

2.6 Carry over von ZEA ..... 16

2.7 Analytik von ZEA ..... 17

2.7.1 Extraktion und Aufreinigung ..... 17

2.7.2 Biologische Nachweisverfahren ..... 22

2.7.3 Physikalisch-chemische Nachweisverfahren..... 22

2.7.3.1 Dünnschichtchromatographie ..... 22

2.7.3.2 Flüssigkeitschromatographie (LC), Hochdruckflüssigkeits-  
chromatographie (HPLC) und Massenspektrometrie (MS). 24

2.7.3.3 Gaschromatographie..... 30

2.7.4 Immunologische Verfahren ..... 31

2.8 Informationen über die untersuchten Produktgruppen ..... 35

2.8.1 Pflanzliche Speiseöle ..... 35

2.8.1.1 Herstellung..... 37

2.8.1.2	Vorkommen von ZEA in Speiseölen .....	39
2.8.2	Sahne .....	44
2.8.2.1	Herstellung.....	45
2.8.2.2	Vorkommen von ZEA in Sahne und Sahneerzeugnissen....	45
2.8.3	Kakaohaltige Milchmodengetränke und Schokoladendesserts.....	45
2.8.3.1	Allgemeines über Kakao .....	45
2.8.3.2	Herstellung und Kakaogehalte von kakaohaltigen Milchmischerzeugnissen und Schokoladendesserts.....	48
2.8.3.3	Mykotoxine in Kakao.....	50
2.9	Gesetzliche Grundlagen für Höchstgrenzen für ZEA in Deutschland und der Europäischen Union .....	53
3	<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	56
3.1	Materialien und Geräte.....	56
3.1.1	Mykotoxinstandard .....	56
3.1.2	Puffer und Lösungen.....	56
3.1.3	Immunreagenzien.....	57
3.1.4	Chemikalien und Biochemika .....	58
3.1.5	Geräte und Hilfsmittel.....	59
3.1.6	Enzymimmuntests.....	60
3.1.7	Hochdruckflüssigkeitschromatographie.....	60
3.1.8	Probenmaterial.....	61
3.2	Methoden .....	63
3.2.1	Etablierung der enzymimmunologischen Untersuchungsverfahren für den Nachweis von ZEA .....	64
3.2.1.1	Herstellung und Überprüfung des Toxinstandards .....	64
3.2.1.2	Überprüfung und Untersuchungen zur Optimierung des Testsystems für den Nachweis von Zearalenon.....	65
3.2.1.2.1	Überprüfung der Sensitivität und Reproduzierbarkeit des Verfahrens .....	66
3.2.2	Untersuchung von Probenmaterialien.....	66
3.2.2.1	Vorbereitung und Extraktion .....	66

3.2.2.1.1	Aufreinigung der Proben mittels C-18-Kartuschen .....	68
3.2.2.1.2	Aufreinigung der Proben mittels Immunaффinitäts-säulen .....	69
3.2.2.2	Untersuchung der Probenmaterialien mittels EIA .....	70
3.2.2.3	Untersuchung der Probenmaterialien mittels HPLC .....	70
3.2.2.3.1	HPLC-Fraktionierung .....	73
3.2.2.4	Vergleichsuntersuchungen von Schokoladendesserts mittels LC-MS/MS .....	73
3.2.3	Laborvergleichsstudie .....	74
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>75</b>
4.1	Etablierung des Untersuchungsverfahrens .....	75
4.1.1	Überprüfung des Toxinstandards .....	75
4.1.2	Überprüfung des Testsystems für den Nachweis von ZEA .....	75
4.1.2.1	Sensitivität und Reproduzierbarkeit .....	75
4.1.3	Probenvorbereitungsverfahren .....	77
4.1.3.1	Sensitivität und Reproduzierbarkeit des Verfahrens .....	77
4.1.3.2	Lagerungsfähigkeit der Extrakte .....	80
4.1.3.3	Ergebnisse der Probenvorbereitung unter Verwendung von C-18-Kartuschen und Immunaффinitätssäulen .....	82
4.1.4	Untersuchung mittels HPLC zum Nachweis von ZEA .....	84
4.1.4.1	Ergebnisse der Anwendung von Methode 1 (alkalische Extraktion und IAC) .....	84
4.1.4.2	Ergebnisse der Anwendung von Methode 2 (alkalische Extraktion und SPE und IAC) .....	86
4.1.4.3	HPLC-Fraktionierung .....	89
4.2	Untersuchung der Probenmaterialien auf ZEA mittels EIA und HPLC .....	89
4.2.1	Speiseöle .....	89
4.2.2	Sahne .....	91
4.2.3	Kakaohaltige Milchmischgetränke .....	93
4.2.4	Schokoladendesserts .....	94

4.3	Weiterführende Untersuchungen mittels LC-MS/MS.....	97
4.4	Laborvergleichsstudie .....	98
4.4.1	Überprüfung der Testrobustheit des enzymimmunologischen Nachweises von ZEA in Speiseölen anhand der Laborvergleichsstudie der BAM.....	101
5	<b>DISKUSSION</b> .....	103
5.1	Anwendbarkeit des eingesetzten EIA-Testverfahrens für ZEA .....	105
5.2	Anwendbarkeit der eingesetzten Aufreinigungsverfahren für ZEA .....	106
5.3	Methodenvergleich EIA und HPLC .....	107
5.4	Weiterführende Untersuchungen mittels LC/MS-MS.....	108
5.5	Aussagekraft der Laborvergleichsstudie .....	109
5.6	Vorkommen von ZEA in verschiedenen Lebensmittelgruppen .....	110
5.6.1	Speiseöle.....	110
5.6.2	Sahne .....	110
5.6.3	Kakaohaltige Milchmischgetränke .....	111
5.6.4	Schokoladendesserts .....	112
5.7	Schlussfolgerungen .....	112
6	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	114
7	<b>SUMMARY</b> .....	116
8	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	118
9	<b>DANKSAGUNG</b> .....	151
10	<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</b> .....	152