ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN 1

I.1. JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL ESTUDIO 2

I.2. OBJETIVO GENERAL 4

I.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

I.3. ESTRUCTURA DE LA TESIS 4

I.4. ANTECEDENTES SOBRE LA TEMATICA DE ESTUDIO 5

I.4.1. PRODUCCIÓN CAPRINA EN LA PROVINCIA DE JUJUY 5

I.4.1.1. AGREGADO DE VALOR EN AGROINDUSTRIAS RURALES 8

I.4.2. EL QUESO DE CABRA REGIONAL 9

I.4.3. EL SALADO EN LOS QUESOS 11

I.4.3.1. PROCESO DE DIFUSIÓN 12

I.4.3.2. SALADO EN MASA 14

I.4.3.3. SALADO SUPERFICIAL 16

I.4.4. EL PROCESO DE MADURACIÓN 17

I.5. BIBLIOGRAFIA 21

II. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE NaCl DURANTE EL SALADO DE QUESO DE CABRA 35

II.1. RESUMEN 36

II.2. INTRODUCCIÓN 36

II.3. MATERIALES Y MÉTODOS 38

II.3.1. ELABORACIÓN DEL CULTIVO LÁCTEO 38

II.3.2. ELABORACIÓN DEL QUESO 38

II.3.3. TRATAMIENTO DE SALADO 39

II.3.4. ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE CONCENTRACIÓN **39**

II.3.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS **39**

II.3.6. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE EFECTIVO DE DIFUSIÓN **40**

II.3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO **41**

II.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **42**

II.4.1. PERFILES EXPERIMENTALES DE CONTENIDO DE HUMEDAD Y CLORURO DE SODIO **42**

II.4.2. EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN EFECTIVO DE NaCl **43**

II.5. CONCLUSIONES **48**

II.6. BIBLIOGRAFÍA **48**

III. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA AL ESTUDIO DE PERFILES DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO SECO SUPERFICIAL DURANTE LA MADURACIÓN **52**

III.1. RESUMEN **53**

III.2. INTRODUCCIÓN **53**

III.3. MATERIALES Y MÉTODOS **55**

III.3.1. TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA **55**

III.3.2. ELABORACIÓN DEL FERMENTO NATURAL DE LECHE **56**

III.3.3. ELABORACIÓN DEL QUESO **56**

III.3.4. TRATAMIENTO DE SALADO **57**

III.3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL **57**

III.3.6. DETERMINACIONES ANALÍTICAS **58**

III.3.6.1. DETERMINACIÓN DE CLORURO **58**

III.3.6.2. CONTENIDO DE HUMEDAD **58**

III.3.7. CÁLCULO DEL ÁREA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA **58**

III.3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 59

III.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 59

III.4.1. ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS, RENDIMIENTOS, PÉRDIDAS DE PESO Y COMPOSICIÓN FINAL DE LOS QUESOS 59

III.4.2. PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE CLORURO DE SODIO 60

III.4.3. PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA 68

III.4.4. EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE NaCl Y HUMEDAD 73

III.5. CONCLUSIONES 76

III.6. BIBLIOGRAFÍA 77

IV. DISTRIBUCIÓN DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO EN MASA Y SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN 83

IV.1. RESUMEN 84

IV.2. INTRODUCCIÓN 84

IV.3. MATERIALES Y MÉTODOS 86

IV.3.1. TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA 86

IV.3.2. ELABORACIÓN DEL FERMENTO NATURAL DE LECHE 87

IV.3.3. ELABORACIÓN DEL QUESO 87

IV.3.4. TRATAMIENTO DE SALADO 87

IV.3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL 87

IV.3.6. DETERMINACIONES ANALÍTICAS 88

IV.3.6.1. DETERMINACIÓN DE CLORURO 88

IV.3.6.2. CONTENIDO DE HUMEDAD 89

IV.3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 89

IV.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 89

IV.4.1. ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS, RENDIMIENTOS, PÉRDIDAS DE PESO Y COMPOSICIÓN FINAL DE LOS QUESOS 89

IV.4.2. DISTRIBUCIÓN DE CLORURO DE SODIO 90

IV.4.3. DISTRIBUCIÓN DE AGUA 97

IV.5. CONCLUSIONES 104

IV.6. BIBLIOGRAFÍA 105

V. SEPARACION E IDENTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES MAYORITARIAS DE CASEÍNAS EN QUESO DE CABRA POR HPLC-UV EN FASE REVERSA. EFECTO DEL METODO DE SALADO EN LA PROTEÓLISIS PRIMARIA 110

V.1. RESUMEN 111

V.2. INTRODUCCIÓN 112

V.3. MATERIALES Y MÉTODOS 114

V.3.1. MUESTRAS 114

V.3.2. PREPARACIÓN FASES MÓVILES 114

V.3.3. SISTEMAS Y CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS 115

V.3.4. PREPARACIÓN DE PATRONES DE CASEÍNAS 115

V.3.5. EXTRACCIÓN DE CASEÍNAS 115

V.3.6. PREPARACIÓN DE MUESTRAS 116

V.3.7. VALIDACIÓN DEL MÉTODO 116

V.3.7.1. IDENTIFICACIÓN 116

V.3.7.2. LINEALIDAD 116

V.3.7.3. ESTUDIOS DE PRECISIÓN 116

V.3.7.3.1. REPETITIVIDAD 117

V.3.7.3.2. REPRODUCIBILIDAD 117

V.3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 117

V.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **118**

V.4.1. SEPARACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES MAYORITARIAS DE CASEÍNAS EN QUESO DE CABRA **118**

V.4.2. ESTUDIO DE PRECISIÓN Y LINEALIDAD **120**

V.4.2.1. REPETITIVIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO ANALÍTICO **121**

V.4.2.2. REPETITIVIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN **123**

V.4.3. VARIACIONES DE FRACCIONES PROTEICAS EN CUAJADAS **123**

V.4.4. VARIACIONES DE LAS FRACCIONES DE CASEÍNAS DURANTE LA MADURACIÓN **126**

V.5. CONCLUSIONES **134**

V.6. BIBLIOGRAFÍA **135**

VI. ESTUDIO COMPARATIVO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN QUESOS DE CABRAS SALADOS EN SECO **144**

VI.1. RESUMEN **145**

VI.2. INTRODUCCIÓN **145**

VI.3. MATERIALES Y MÉTODOS **147**

VI.3.1. MUESTRAS **147**

VI.3.2. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS **148**

VI.3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO **148**

VI.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **149**

VI.4.1. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN CUAJADAS Y QUESOS **149**

VI.4.2. VALOR NUTRICIONAL DE LOS ÁCIDOS GRASOS **159**

VI.5. CONCLUSIONES **162**

VI.6. BIBLIOGRAFÍA **163**

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **170**

VII.1. CONCLUSIONES FINALES **170**

VII.2. RECOMENDACIONES **171**

ÍNDICE DE FIGURAS

II. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE NaCl DURANTE EL SALADO DE QUESO DE CABRA

Figura II.1. Diagrama del mecanismo experimental utilizado para el salado del prisma semi-infinito 39

Figura II.2. Perfiles experimentales de concentración de sal para diferentes tiempos de salado 42

Figura II.3. Perfiles de concentración de agua a distintos tiempos de salado 42

Figura II.4. Valores de los coeficientes de difusión obtenidos para todos los tiempos estudiados, teniendo en cuenta las dos primeras distancias a la interfaz analizadas (0,005 m y 0,01 m) 46

Figura II.5. Modelado de los perfiles de NaCl teniendo en cuenta el coeficiente de difusión efectivo y el coeficiente calculado a partir de la Ec. (5) para el tiempo de 24 h 47

Figura II.6. Gráfico del análisis de regresión para el coeficiente de difusión en función de la concentración de NaCl 47

III. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA AL ESTUDIO DE PERFILES DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO SECO SUPERFICIAL DURANTE LA MADURACIÓN

Figura III.1. a) Sistema de muestreo b) Representación de las porciones de muestreo teniendo en cuenta el diseño de superficie de respuesta 57

Figura III.2. Superficie de respuesta del cloruro sódico [gr NaCl . (gr NaCl + gr agua)$^{-1}$] respecto al diámetro [cm] y la altura [cm] del queso. a. 5hs. b. 24 hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 62

Figura III.3. Contornos de superficie del cloruro sódico [gr NaCl . (gr NaCl + gr agua)$^{-1}$] respecto al diámetro [cm] y la altura [cm] de losquesos. a. 5hs. b. 24 hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 63

Figura III.4. Representación gráfica del campo vectorial de los gradientes de NaCl calculados a partir de la ecuación de superficie de respuesta para el tiempo 1 64

Figura III.5. Representación gráfica del campo vectorial de los gradientes de NaCl calculados a partir de la ecuación de superficie de respuesta para el tiempo 2 66

Figura III.6. Superficies de respuesta de humedad [(g agua . (g ms)$^{-1}$] respecto al diámetro (cm) y la altura (cm) de los quesos. hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 70

Figura III.7. Contornos de superficie de Humedad [(g agua . (g ms)$^{-1}$] respecto al diámetro [cm] y la altura [cm] de los quesos. a. 5hs. b. 24 hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 72

Figura III.8. Variación del área de las superficies de respuesta del NaCl con respecto al tiempo 74

IV. DISTRIBUCIÓN DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO EN MASA Y SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN

Figura IV.1. Sistema de muestreo 88

Figura IV.2. Histogramas de la concentración de sal [gr NaCl . (gr NaCl + gr agua)$^{-1}$] en 48 puntos de muestreo en queso de cabra de aproximadamente 500 gr durante 4 semanas de maduración. a. 5hs. b. 24 hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 91

Figura IV.3. Concentración promedio de NaCl para cada rodaja y tiempo de maduración estudiado 94

Figura IV.4. Histogramas de concentración de agua en 48 puntos de muestreo en queso de cabra de aproximadamente 500 gr durante 4 semanas de maduración. a. 5hs. b. 24 hs. c. 4 días. d. 1 semana. e. 2 semanas. f. 3 semanas. g. 4 semanas 98

Figura IV.5. Concentración promedio de agua para cada rodaja y tiempo de maduración estudiado 101

Figura IV.6. Correlación entre la concentración de NaCl y agua para 48 puntos de muestreos. a) 3 semanas de maduración; b) 4 semanas de maduración 102

Figura IV.7. Perfil de secado de los quesos en función del tiempo de maduración 103

V. SEPARACION E IDENTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES MAYORITARIAS DE CASEÍNAS EN QUESO DE CABRA POR HPLC-UV EN FASE REVERSA. EFECTO DEL METODO DE SALADO EN LA PROTEÓLISIS PRIMARIA

Figura V.1. RP-HPLC cromatrogramas. a) k-caseína; b) α-caseína; c) β-caseína; d) caseína caprina; e) fase móvil 119

Figura V.2. Cromatograma de caseína de cabra con el agregado de 256 µg de estándar de α-caseína bovina 121

Figura V.3. RP-HPLC cromatogramas. Muestras de cuajada de elaboraciones de los meses de Marzo y Noviembre de años consecutivos 124

Figura V.4. Variación de las áreas de las distintas fracciones de caseínas en queso de cabra en función del tiempo de maduración. Puntos azules: quesos salado en masa. Puntos rojos: quesos salado superficial. a. κ-caseína, b. α_{s2}-caseína, c. α_{s1}-caseína, d. β_1-caseína, e. β_2-caseína 127

Figura V.5. Cromatogramas de caseínas de quesos de cabra. T1: tiempo de maduración de 5 horas. T7: tiempo de maduración 28 días. a. Quesos salado en masa. b. Quesos salado superficial 129

VI. ESTUDIO COMPARATIVO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN QUESOS DE CABRAS SALADOS EN SECO

Figura VI.1. Porcentaje de ácidos grasos en los quesos de cabra salados en masa y superficial durante la maduración. a. AGC (C4:0-C12:0).

b. AGM (C13:0-C17:0). c. AGL (C18:0-C20:4). d. AGV (C4:0 a C8:0) 158

Figura VI.2. Porcentaje de ácidos grasos en los quesos de cabra salados en masa y superficial durante la maduración. a. Ácidos grasos saturados. b. Ácidos grasos insaturados. c. Ácidos grasos poliinsaturados 160

ÍNDICE DE TABLAS

II. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE NaCl DURANTE EL SALADO DE QUESO DE CABRA

Tabla II.1. Análisis de varianza para coeficiente de difusión 44

Tabla II.2. Resultados del test de Bonferroni para el coeficiente de difusión efectivo según el tiempo de salado 45

III. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA AL ESTUDIO DE PERFILES DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO SECO SUPERFICIAL DURANTE LA MADURACIÓN

Tabla III.1. Composición final de los quesos según la época del año 60

Tabla III.2. Análisis de varianza para la superficie de respuesta de la variable concentración de NaCl en los quesos evaluados 60

Tabla III.3. Contraste múltiple de Medias con diferencia mínima significativa (LSD, 95% de confianza) para el cloruro en las distintas muestras para un tiempo de maduración de 3 semanas 66

Tabla III.4. Contraste múltiple de Medias con diferencia mínima significativa (LSD, 95% de confianza) para el cloruro en las distintas muestras para un tiempo de maduración de 4 semanas 67

Tabla III.5. Concentración de sal media y la relación (R) entre la concentración local y la media del queso, para cada zona 68

Tabla III.6. Análisis de varianza para la superficie de respuesta de la variable humedad en los quesos evaluados 68

Tabla III.7. Áreas de las superficies de respuesta ajustada a los datos 74

IV. DISTRIBUCIÓN DE SAL Y AGUA EN QUESO DE CABRA SALADO EN MASA Y SU EVOLUCIÓN DURANTE LA MADURACIÓN

Tabla IV.1. Composición final de los quesos 90

Tabla IV.2. Resultado del análisis estadístico de comparación de varias muestras para el factor Rodajas. Aplicación del Test de Tukey HSD para la comparación de las medias en cada tiempo 92

Tabla IV.3. Resultado del análisis estadístico de comparación de varias muestras para el factor Rodajas. Aplicación del Test de Tukey HSD para la comparación de las medias en cada tiempo 99

V. SEPARACION E IDENTIFICACIÓN DE LAS FRACCIONES MAYORITARIAS DE CASEÍNAS EN QUESO DE CABRA POR HPLC-UV EN FASE REVERSA. EFECTO DEL METODO DE SALADO EN LA PROTEÓLISIS PRIMARIA

Tabla V.1. Repetitividad y Reproducibilidad del método analítico expresado en función del Coeficiente de Variación (CV) 122

Tabla V.2. Repetitividad y Reproducibilidad del método de extracción expresado en función del Coeficiente de Variación (CV) 122

Tabla V.3. Comparación de muestras de cuajadas en función del momento de elaboración 123

Tabla V.4. P-valor obtenido del análisis de covarianza para las áreas de las fracciones de caseínas estudiadas 126

Tabla V.5. Contraste Múltiple de Medias aplicando el Procedimiento de diferencia altamente significativa de Tukey (HSD) (95% de confianza) para el valor medio del área de las fracciones de caseínas de las muestras estudiadas 128

VI. ESTUDIO COMPARATIVO DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN QUESOS DE CABRAS SALADOS EN SECO

Tabla VI.1. Concentración de ácidos grasos [g AG . (100 gr AG totales)$^{-1}$] para las muestras de cuajada utilizadas posteriormente para elaborar quesos con diferente tipo de salado 150

Tabla VI.2. Concentración de ácidos grasos [g AG . (100 gr AG totales)$^{-1}$] en función del tiempo de maduración y el método de salado 153