

Índice general

Resumen	V
Índice general	XIII
I Introducción	1
1 Introducción	3
1.1 Importancia económica del cultivo del arándano.	3
1.2 Aplicación de nuevas tecnologías en la elaboración de zumo de arándano.	11
1.3 Los alimentos funcionales naturales. Desarrollo tecnológico por impregnación a vacío.	24
II Objetivos y Plan de trabajo	33
2 Objetivos y Plan de trabajo	35
2.1 Justificación e interés de la tesis doctoral.	35

2.2	Objetivos.	37
2.2.1	Objetivos generales.	38
2.2.2	Objetivos específicos.	39
2.3	Plan de trabajo.	40
III	Métodos y equipos	45
3	Métodos analíticos	47
3.1	Análisis fisicoquímicos.	47
3.1.1	Sólidos solubles, pH y acidez.	47
3.1.2	Humedad y actividad de agua.	48
3.1.3	Pulpa suspendida y turbidez.	48
3.1.4	Tamaño de partícula por difracción láser.	48
3.1.5	Análisis reológico.	49
3.1.6	Color Instrumental.	49
3.1.7	Análisis de textura.	49
3.2	Análisis funcionales.	51
3.2.1	Antocianinas.	51
3.2.2	Fenoles totales.	53
3.2.3	Capacidad antirradical.	53
3.2.4	Análisis estadístico.	54
4	Equipos e instalaciones utilizadas	55
4.1	Homogeneización.	55
4.2	Impregnación a vacío.	55
4.3	Secado.	56

IV	Resultados y discusión	57
5	Mejora del proceso de obtención de zumo de arándanos	59
5.1	Análisis de mercado.	59
5.1.1	Características fisicoquímicas de las bebidas comerciales.	65
5.1.2	Propiedades funcionales de las bebidas comerciales.	69
5.1.3	Perfil de antocianinas analizadas por cromatografía líquida (HPLC). 71	
5.1.4	Conclusiones parciales.	73
5.2	Despectinización de zumo de arándanos.	74
5.2.1	Caracterización de la materia prima.	75
5.2.2	Despectinización enzimática con packs comerciales.	75
5.2.3	Pérdida de componentes activos como consecuencia de las opera- ciones de despectinización y separación de sólidos.	81
5.2.4	Despectinización enzimática con levaduras con alta actividad en- dopoligalacturonasa.	83
5.2.5	Determinación cualitativa de la actividad endopoligalacturonasa. . .	87
5.2.6	Métodos para determinar la actividad enzimática.	87
5.2.7	Determinación cuantitativa de la actividad enzimática de los ex- tractos de levadura.	93
5.2.8	Despectinización del zumo de arándanos con el extracto de leva- dura 1926-12T4PO.	95
5.2.9	Conclusiones parciales.	97
5.3	Homogeneización de zumo de arándano.	98
5.3.1	Conclusiones parciales.	105

6 Utilización del zumo de arándanos como ingrediente funcional	107
6.1 Desarrollo de un aperitivo funcional de manzana y zumo de arándanos.....	107
6.1.1 Efecto de la impregnación a vacío sobre las propiedades funcionales del zumo de arándano.	108
6.1.2 Efecto de la liofilización y de la temperatura de secado por aire caliente sobre las propiedades funcionales de un aperitivo de manzana y zumo de arándano.	113
6.1.3 Características físicas del producto final.	117
6.1.4 Conclusiones parciales.	120
6.2 Desarrollo de un aperitivo antioxidante y probiótico.	120
6.2.1 Efecto del pH en el crecimiento del probiótico.	122
6.3 Conclusiones parciales.	124
V Conclusiones	127
7 Conclusiones.	129
VI Bibliografía	133
Bibliografía	135
VII Anexos	167

Índice de figuras

1.1. Superficie cultivada y producción mundial.	4
1.2. Productos derivados del arándano en Estados Unidos (2011)	5
1.3. Localización geográfica del cultivo del arándano en España.	6
1.4. Localización geográfica del cultivo del arándano en Argentina.	7
1.5. Evolución de la superficie dedicada al cultivo del arándano en Argentina.	8
1.6. Destinos de las exportaciones argentinas de arándano. . . .	9
1.7. Estructuras generales de los flavanoles y las antocianinas (De Pascual-Teresa, Moreno, & García-Viguera, 2010).	12
3.1. Curva típica del ensayo de punción de rodajas de manzana.	50
5.1. Distribución del tamaño de partícula en las bebidas comerciales.	67
5.2. Correlaciones entre el tamaño de partícula por difracción láser y el contenido de pulpa suspendida.	68
5.3. Comportamiento reológico de las bebidas comerciales. . . .	70

5.4. Correlaciones entre la capacidad antirradical y el contenido de fenoles totales en las bebidas comerciales.	71
5.5. Perfil de antocianinas específicas obtenido en las bebidas comerciales.	72
5.6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del zumo de arándanos.	74
5.7. Gráficos de interacciones estadísticamente significativas para las antocianinas monoméricas totales.	78
5.8. Gráficos de interacciones estadísticamente significativas para el índice de color polimérico.	79
5.9. Diagrama de flujo del proceso de obtención de zumo de arándano.	82
5.10. Secuencias de los transformantes obtenidos a partir de la cepa CECT-1926 por Sani (2013).	85
5.11. Determinación cualitativa de la actividad endopoligalacturonasa de las distintas cepas de levadura.	87
5.12. Ajuste del método del DNS.	89
5.13. Determinación de la actividad enzimática a 540nm.	91
5.14. Curva de calibrado para la cuantificación de azúcares reductores.	92
5.15. Curva de calibrado para la cuantificación de proteína.	93
5.16. Distribución del tamaño de partícula en los zumos tratados a las diferentes presiones de homogeneización.	100

5.17. Perfil de antocianinas específicas en los zumos tratados a distintas presiones de homogeneización. a. Zumo de arándano sin homogeneizar, b. Zumo de arándano homogeneizado a 25MPa, c. Zumo de arándano homogeneizado a 50MPa, d. Zumo de arándano homogeneizado a 100MPa, e. Zumo de arándano homogeneizado a 150MPa	104
6.1. Diagrama de flujo del proceso experimental.	108
6.2. Distribución del tamaño de las partículas suspendidas en el zumo de arándano.	110
6.3. Capacidad antirradical de las diferentes muestras por 100g de producto (a) y 100g de materia seca (b). La concentración está expresada en miligramos de ácido ascórbico equivalente para el método del DPPH y en miligramos equivalentes de trolox para el método del ABTS.	116
6.4. Cromatogramas de las muestras analizadas por HPLC. a. Zumo de arándano, b. Manzana fresca, c. Manzana impregnada y liofilizada, d. Aperitivo secado a 30°C, e. Aperitivo secado a 40°C, f. Aperitivo secado a 50°C. Pico N° 1: delphinidina, 2: cianidina y 3: malvidina.	118
6.5. Diagrama del procedimiento experimental para obtener un aperitivo probiótico.	122

Índice de tablas

5.1. Bebidas comercializadas con arándanos en el mercado argentino y español.	63
5.2. Propiedades fisicoquímicas de las bebidas comerciales. . . .	66
5.3. Pulpa suspendida y turbidez de las bebidas comerciales. . .	66
5.4. Tamaño de partícula de las bebidas comerciales.	68
5.5. Propiedades ópticas de las bebidas comerciales.	69
5.6. Propiedades reológicas de las bebidas comerciales.	70
5.7. Propiedades funcionales de las bebidas comerciales.	71
5.8. Propiedades fisicoquímicas de los arándanos utilizados como materia prima.	75
5.9. Factores del diseño experimental propuesto para el análisis de la operación de despectinización	76
5.10. Propiedades funcionales del zumo de arándano despectinizado con los diferentes packs enzimáticos comerciales en las diferentes condiciones estudiadas.	77
5.11. Propiedades reológicas del zumo de arándano despectinizado con los diferentes packs enzimáticos comerciales en las diferentes condiciones estudiadas.	80

5.12. Color del zumo de arándano despectinizado con los diferentes packs enzimáticos comerciales en las diferentes condiciones estudiadas.	81
5.13. Contenido de antocianinas totales, fenoles totales y color polimérico del arándano fresco, l zumo obtenido y los residuos sólidos resultantes después de la despectinización a 50°C con el pack Viscozyme L durante 150 minutos y posterior separación de sólidos.	82
5.14. Área del halo de inhibición resultante de la actividad endopoligalacturonasa para las distintas cepas de levadura.	88
5.15. Curvas de calibrado sin y con adición de ácido poligalacturónico.	89
5.16. Actividades enzimáticas de las distintas cepas de levadura.	94
5.17. Actividad enzimática de los extractos de levadura y packs comerciales.	95
5.18. Propiedades reológicas del zumo despectinizado mediante un extracto enzimático de levadura.	96
5.19. Color instrumental del zumo despectinizado mediante un extracto enzimático de levadura.	96
5.20. Propiedades funcionales del zumo despectinizado con extracto de levadura 1926-12T4PO.	97
5.21. Propiedades fisicoquímicas de los arándanos congelados y el zumo de arándano.	98
5.22. Pulpa suspendida y turbidez de los zumos homogeneizados a distintas presiones.	99
5.23. Tamaño de partícula de los zumos de arándanos tratados a las diferentes presiones de homogeneización.	101

5.24. Color instrumental de los zumos tratados a distintas presiones de homogeneización.	102
5.25. Propiedades funcionales de los zumos tratados a diferentes presiones de homogeneización.	103
5.26. Contenido de antocianinas específicas para los zumos homogeneizados a las diferentes presiones.	104
5.27. Parámetros del modelo hidrodinámico de impregnación a vacío.	105
6.1. Tamaño de partículas, pulpa suspendida, turbidez y propiedades reológicas del zumo de arándano.	109
6.2. Fenoles totales, antocianinas monoméricas y capacidad antioxidante del zumo de arándano y el zumo residual después de tres impregnaciones a vacío sucesivas.	112
6.3. Contenido de antocianinas individuales en el zumo y la manzana impregnada.	113
6.4. Humedad y actividad de agua de las muestras frescas, impregnadas y deshidratadas en las diferentes condiciones. . .	117
6.5. Color instrumental en el espacio CIE L*a*b*.	118
6.6. Diferencias colorimétricas de las muestras liofilizadas y deshidratadas por aire caliente.	119
6.7. Características texturales de las muestras liofilizadas y deshidratadas por aire caliente.	120
6.8. Efecto del pH sobre el crecimiento microbiano.	123
6.9. Valor nutricional de láminas de manzana impregnadas con zumo de arándano inoculado con <i>Lactobacillus salivarius</i> spp. <i>salivarius</i>	123