

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Origen del vinagre	2
I.2. Bacterias del ácido acético	4
I.2.1. Características generales	4
I.2.2. Taxonomía.....	6
I.2.3. Metabolismo	8
I.3. Sistemas de producción de vinagre	14
I.3.1. Sistemas de acetificación	15
I.3.2. Sistemas de alimentación.....	21
I.4. Factores involucrados en la fermentación acética.....	22
I.4.1. Sustrato	23
I.4.2. Concentración de oxígeno disuelto.....	25
I.4.3. Temperatura	27
I.5. Operaciones posteriores al proceso fermentativo.....	28
I.6. Mercado de vinagres	30
I.7. Mercado de frutas cítricas.....	32
I.8. Mercado de arándanos	35
I.9. Bibliografía.....	37

II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

II.1. Objetivos generales.....	51
II.2. Objetivos específicos	52
II.3. Plan de trabajo.....	52

PRIMERA PARTE: CULTIVO INICIADOR**CAPÍTULO 1. Selección del cultivo iniciador.**

1.1. Introducción	57
1.2. Materiales y Métodos.....	58
1.2.1. Bacterias acéticas.....	58
1.2.2. Medios de cultivo	58
1.2.3. Sistemas de aireación	59
1.2.4. Métodos analíticos.....	60
1.2.5. Tratamiento estadístico	61
1.3. Resultados y Discusión.....	61
1.3.1. <i>Gluconacetobacter</i> sp.....	61
1.3.2. <i>Acetobacter</i> sp.....	64
1.3.3. <i>Acetobacter aceti</i>	66
1.4. Conclusiones	70
1.5. Bibliografía.....	70

SEGUNDA PARTE: VINAGRE DE NARANJAS**CAPÍTULO 2. Acetificación de sustrato alcohólico de naranja en sistema discontinuo.**

2.1. Introducción	75
2.2. Materiales y Métodos.....	77
2.2.1. Materia prima.....	77
2.2.2. Proceso general de obtención de vinagre de naranjas.....	78
2.2.2.1. Acondicionamiento del sustrato alcohólico	79
2.2.2.2. Inoculación.....	79
2.2.2.3. Acetificación.....	80

2.2.2.3.1. Desarrollo del proceso de acetificación en sistema discontinuo (batch)	81
2.2.2.4. Envasado. Maduración. Clarificación. Filtración	82
2.2.3. Diseños estadísticos experimentales.....	82
2.2.3.1. Estudio preliminar del proceso de acetificación. Diseño factorial	83
2.2.3.2. Determinación de las mejores condiciones de acetificación	85
2.2.4. Determinación de parámetros cinéticos.....	87
2.2.4.1. Relación entre velocidad de crecimiento bacteriano y velocidad de acetificación	87
2.2.4.2. Velocidad específica máxima de crecimiento bacteriano (μ_M)	88
2.2.5. Técnicas analíticas	89
2.2.6. Tratamiento estadístico	91
2.2.6.1. Diseño factorial 2^2	91
2.2.6.2. Obtención de las mejores condiciones de acetificación.....	92
2.2.6.3. Análisis de regresión.....	93
2.3. Resultados y Discusión.....	93
2.3.1. Caracterización del vino de naranja.....	93
2.3.2. Análisis del diseño factorial 2^2	94
2.3.2.1. Velocidad de acetificación	97
2.3.2.2. Rendimiento GK	99
2.3.3. Determinación de las mejores condiciones de proceso.....	101
2.3.3.1. Velocidad de acetificación	103
2.3.3.2. Rendimiento GK	105

2.3.3.3. Combinación de factores que optimizan ambas respuestas	107
2.3.4. Desarrollo del proceso de acetificación optimizado.....	108
2.3.5. Determinación de parámetros cinéticos.....	109
2.3.5.1. Relación entre velocidad de crecimiento bacteriano y velocidad de acetificación	109
2.3.5.2. Velocidad específica máxima de crecimiento bacteriano (μ_M)	112
2.4. Conclusiones	113
2.5. Bibliografía.....	115
CAPÍTULO 3. Acetificación de sustrato alcohólico de naranjas en sistema semicontinuo.	
3.1. Introducción	120
3.2. Materiales y Métodos.....	121
3.2.1. Preparación del cultivo iniciador de <i>Acetobacter</i> sp.	121
3.2.2. Acondicionamiento del sustrato alcohólico para la fermentación acética.....	121
3.2.3. Equipo de acetificación.....	122
3.2.4. Desarrollo del proceso de acetificación en sistema semicontinuo	123
3.2.5. Tratamiento estadístico	125
3.3. Resultados y Discusión.....	125
3.4. Conclusiones	133
3.5. Bibliografía.....	134
CAPÍTULO 4. Caracterización de vinagre de naranjas.	
4.1. Introducción	138
4.2. Materiales y Métodos.....	141

4.2.1. Evaluación de componentes antioxidantes.....	141
4.2.2. Caracterización del vinagre de naranja	142
4.2.3. Técnicas analíticas	143
4.2.4. Tratamiento estadístico	147
4.3. Resultados y Discusión.....	148
4.3.1. Evaluación de componentes antioxidantes.....	148
4.3.1.1. Ácido ascórbico	148
4.3.1.2. Fenoles totales (FT)	149
4.3.1.3. Carotenoides totales.....	150
4.3.1.4. Actividad antioxidante (AA).....	150
4.3.2. Caracterización del vinagre de naranjas.....	152
4.3.2.1. Acidez.....	154
4.3.2.2. pH	155
4.3.2.3. Densidad	155
4.3.2.4. Extracto seco.....	156
4.3.2.5. Cenizas.....	156
4.3.2.6. Azúcares reductores totales	157
4.3.2.7. Etanol remanente	157
4.4. Conclusiones	158
4.5. Bibliografía.....	159

TERCERA PARTE: VINAGRE DE ARANDANOS

CAPÍTULO 5. Acetificación de sustrato alcohólico de arándanos en sistema discontinuo.

5.1. Introducción	167
5.2. Materiales y métodos.....	169

5.2.1. Proceso general de obtención de vinagre de arándanos.....	169
5.2.1.1. Fermentación alcohólica.....	169
5.2.1.2. Acetificación del sustrato alcohólico de arándanos	171
5.2.1.3. Envasado. Maduración. Clarificación. Filtración.	174
5.2.2. Diseño experimental.	174
5.2.3. Determinación de parámetros cinéticos.....	176
5.2.3.1. Relación entre velocidad de crecimiento bacteriano y velocidad de acetificación.	176
5.2.3.2. Velocidad específica máxima de crecimiento bacteriano (μ_M)	176
5.2.4. Técnicas analíticas	177
5.2.5. Tratamiento estadístico	178
5.2.5.1. Obtención de las mejores condiciones de acetificación....	178
5.2.5.2. Análisis de regresión.....	179
5.3. Resultados y Discusión.....	180
5.3.1. Caracterización de la materia prima, sustrato destinado a vinificación y mosto alcohólico de arándanos.....	180
5.3.2. Determinación de las mejores condiciones de acetificación.....	181
5.3.2.1. Velocidad de acetificación	182
5.3.2.2. Rendimiento GK	185
5.3.2.3. Combinación de factores que optimizan ambas respuestas	187
5.3.3. Desarrollo del proceso de acetificación optimizado.....	188
5.3.4. Determinación de parámetros cinéticos.....	190
5.3.4.1. Relación entre velocidad de crecimiento microbiano (r_X) y velocidad de acetificación (r_A)	190

5.3.4.2. Velocidad específica máxima de crecimiento bacteriano (μ_M)	193
5.4. Conclusiones	197
5.5. Bibliografía.....	198
CAPÍTULO 6. Acetificación de sustrato alcohólico de arándanos en sistema semicontinuo.	
6.1. Introducción	204
6.2. Materiales y Métodos.....	204
6.2.1. Preparación del cultivo iniciador de <i>Acetobacter</i> sp.	204
6.2.2. Desarrollo del proceso de acetificación en sistema semicontinuo.	205
6.2.3. Tratamiento estadístico	209
6.3. Resultados y Discusión.....	209
6.4. Conclusiones	216
6.5. Bibliografía.....	217
CAPÍTULO 7. Caracterización de vinagre de arándanos.	
7.1. Introducción	220
7.2. Materiales y Métodos.....	223
7.2.1. Evolución de componentes antioxidantes.....	223
7.2.2. Caracterización del vinagre de arándanos	224
7.2.3. Técnicas analíticas	226
7.2.4. Tratamiento estadístico.	229
7.3. Resultados y Discusión.....	230
7.3.1. Evolución de componentes antioxidantes.....	230
7.3.1.1. Antocianinas Totales.	231
7.3.1.2. Fenoles Totales.	232

7.3.1.3. Actividad antioxidante (AA).....	234
7.3.2. Caracterización del vinagre de arándanos.	236
7.3.2.1. Acidez.....	237
7.3.2.2. pH	238
7.3.2.3. Densidad	238
7.3.2.4. Extracto seco. Azúcares reductores totales. Cenizas totales	239
7.3.2.5. Etanol residual.....	239
7.4. Conclusiones	239
7.5. Bibliografía.....	240
III. CONCLUSIONES GENERALES	247