

Cost Dimension Analysis of Cleaner Production Techniques and Their Impact on Reducing Operating Costs (An Applied Study in Al-Diwaniyah Dairy Factory)

Wissam Abdul-Kazem Abdul-Ridha

Post-Graduate Institute for Accounting Financial
Studies – University of Baghdad

kwissam71@gmail.com

Received: 7/9/2025

Assist. Prof. Faiza Ibrahim Al-Ghaban

Post-Graduate Institute for Accounting Financial
Studies – University of Baghdad

faiza.i@pgiafs.uobaghdad.edu.iq

Published: 30/9/2026

Accepted: 14/10/2025

Abstract:

This research aims to analyze the cost dimension of cleaner production technologies and assess their impact on reducing operating costs through a practical application in Al-Diwaniyah Dairy Factory. The research responds to the growing need to adopt sustainable production methods that enhance efficiency and minimize waste and pollutants, particularly amidst the environmental and economic challenges facing the industrial sector. The research adopts an applied analytical approach, collecting data through interviews, operational record analysis, and structured questionnaires directed at key personnel in the factory. The research focuses on comparing operating costs before and after implementing a set of cleaner production technologies, which include improving energy efficiency, reducing raw material waste, and reusing water in industrial processes. The findings demonstrate that cleaner production technologies significantly contributed to lowering operating costs, reducing waste, and enhancing production performance. Moreover, these technologies are shown not to be a financial burden, as often perceived, but rather lead to tangible savings in the medium and long term. The research recommends expanding the application of such technologies across the local industrial sector and providing the necessary technical and institutional support for their broader adoption.

Keywords: Cleaner Production, Cost Analysis, Operating Costs.

تحليل البعد الكلفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف وأثره في تخفيض كلف التشغيل (دراسة تطبيقية في مصنع ألبان الديوانية)

أ.م. فائزة ابراهيم محمود الغبان

المعهد العالي للدراسات المحاسبية والمالية – جامعة بغداد

وسام عبد الكاظم عبد الرضا

المعهد العالي للدراسات المحاسبية والمالية – جامعة بغداد

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل البعد الكلفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف، وبيان مدى تأثيرها في تخفيض كلف التشغيل، من خلال تطبيق عملي في مصنع ألبان الديوانية. وجاء هذا البحث استجابة للحاجة المتزايدة إلى اعتماد أساليب إنتاج مستدامة تسهم في تحسين الكفاءة وتقليل الهدر والملوثات، في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه القطاع الصناعي. وتتمثل مشكلة البحث في إن المنشآت الصناعية تواجه تحديات اقتصادية وبيئية تتمثل في ارتفاع كلف التشغيل وأسعار الطاقة والمواد الخام، إضافة إلى الضغوط للحد من التلوث والنفايات. ويعد اعتماد تقنيات الإنتاج الأنظف خيارًا استراتيجيًا لتحقيق الكفاءة الاقتصادية وحماية البيئة. اعتمد البحث على المنهج التحليلي التطبيقي، حيث تم جمع البيانات من خلال المقابلات، وتحليل السجلات التشغيلية، واستخدام استبيانات موجهة إلى المعنيين في المصنع. وتم التركيز على مقارنة الكلف التشغيلية قبل وبعد تطبيق مجموعة من تقنيات الإنتاج الأنظف، والتي شملت تحسين كفاءة استخدام الطاقة، تقليل الفاقد في المواد الخام، وإعادة استخدام المياه في العمليات الصناعية. أظهرت نتائج البحث أن تقنيات الإنتاج الأنظف ساهمت بشكل واضح في خفض كلف التشغيل، وتقليل النفايات، وتحسين الأداء الإنتاجي. كما يتضح من النتائج أن هذه التقنيات لا تشكل عبئًا ماليًا كما يُشاع في بعض الأحيان، بل على العكس، فإنها تُسفر عن وفورات مالية ملموسة على المدى المتوسط والطويل. وبناءً على ذلك، يوصي البحث بضرورة

توسيع نطاق تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في القطاع الصناعي المحلي، وتوفير الدعم الفني والمؤسسي الكافي مما يساهم في تعزيز الاستدامة الاقتصادية والبيئية على حد سواء.

كلمات المفتاحية: - الإنتاج الأنظف، التحليل الكلفوي، كلف التشغيل.

المقدمة: - تواجه المؤسسات الصناعية في الوقت الحاضر تحديات متزايدة تتعلق بارتفاع كلف الإنتاج، وتشديد المتطلبات البيئية، وازدياد المنافسة في الأسواق، مما يفرض عليها البحث عن أساليب إنتاج فعالة ومرنة تساهم في تقليل التكاليف وتحقيق الاستدامة. ويعد مفهوم الإنتاج الأنظف أحد الأساليب الحديثة التي تهدف إلى تقليل الهدر في الموارد، وتحسين كفاءة العمليات، والحد من الآثار البيئية السلبية، من خلال إدخال تحسينات مستمرة في العمليات الصناعية. ورغم الفوائد البيئية التي تحققها هذه التقنيات، إلا أن البعد الكلفوي لها يمثل محوراً أساسياً في قرارات تبنيها، خصوصاً في البيئات الصناعية المحلية التي قد تكون محدودة الموارد. من هنا تبرز أهمية هذا البحث الذي يسعى إلى تحليل الكلف المرتبطة بتطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف، وتحديد مدى تأثيرها في تخفيض كلف التشغيل في مصنع ألبان يعمل في بيئة صناعية واقعية، وهي شركة ألبان الديوانية. يركز البحث على قياس التغير في كلف التشغيل قبل وبعد تطبيق مجموعة من ممارسات وتقنيات الإنتاج الأنظف، مثل تحسين كفاءة استخدام الطاقة، إعادة استخدام المياه، وتقليل الفاقد في المواد الخام. كما يهدف إلى تقديم تصور واضح لمردودية هذه التقنيات من الناحية الاقتصادية، ومدى إمكانية تعميمها على مؤسسات صناعية مشابهة.

١- المبحث الأول: منهجية البحث

١-١- مشكلة البحث: تسعى المنشآت الصناعية إلى تقليل كلف التشغيل وتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الموارد، خصوصاً في ظل التحديات الاقتصادية وارتفاع أسعار الطاقة والمواد الخام. وفي الوقت نفسه، تزداد الضغوط البيئية على المصانع للحد من التلوث وتقليل النفايات والانبعاثات. تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الآتي: ما مدى تأثير تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في تخفيض كلف التشغيل في مصنع ألبان الديوانية، وما هو البعد الكلفوي لهذه التقنيات؟

١-٢- أهمية البحث: تتبع أهمية هذا البحث من كونه يتناول أحد الاتجاهات الحديثة والمتقدمة في إدارة العمليات الصناعية، وهو تحليل البعد التكاليفي لتقنيات الإنتاج الأنظف، في ظل الزيادة المستمرة في تكاليف التشغيل واهتمام المجتمع الدولي المتزايد بقضايا البيئة والاستدامة. حيث يقدم البحث إطاراً عملياً ومفصلاً لتحليل تكلفة تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في مصنع محلي، وهو مصنع ألبان الديوانية، مما يُمكن صُنّاع القرار في القطاع الصناعي من تقييم جدوى تبني هذه التقنيات استناداً إلى بيانات واقعية وموضوعية. وعلاوة على ذلك، يمكن أن يشكل هذا البحث نموذجاً يُحتذى به لمصانع غذائية أخرى تعمل في بيئات مشابهة.

١-٣- أهداف البحث: يتمثل الهدف الرئيسي للبحث بتحليل الأبعاد المالية والكلفوية لتقنيات الإنتاج الأنظف وبيان أثرها في تخفيض كلف التشغيل بمصنع ألبان الديوانية. ومن هذا الهدف تنبثق مجموعة من الأهداف الفرعية وهي كالآتي:

- أ. تشخيص واقع كلف التشغيل الحالية في المصنع من خلال تحليل بيانات الطاقة والمواد الخام والمياه والصيانة.
- ب. تحديد تقنيات الإنتاج الأنظف المناسبة التي يمكن تطبيقها بما يتوافق مع طبيعة العمليات الصناعية والموارد المتاحة.
- ج. مقارنة التكاليف التشغيلية قبل تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف وبعدها لتحديد حجم الوفورات المالية المتحققة.
- د. قياس أثر هذه التقنيات في رفع كفاءة استخدام الموارد وتقليل نسب الفاقد.

١-٤ - فرضية البحث:

يفترض هذا البحث "أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في مصنع ألبان الديوانية يؤدي إلى تخفيض كلف التشغيل بشكل ملحوظ، مع تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الفاقد والنفايات الصناعية".

١-٥ - مجتمع وعينة البحث:

يتمثل مجتمع البحث بالشركة العامة للمنتجات الغذائية، التي تُعتبر المؤسسة الأم التي تضم مجموعة من المصانع المتخصصة في إنتاج مجموعة متنوعة من المنتجات الغذائية، ومن ضمنها مصنع ألبان الديوانية. أما عينة البحث، فتمثلت في مصنع ألبان الديوانية ذاته، حيث تم التركيز بشكل خاص على تحليل البعد الكفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف وبيان أثره في تخفيض كلف التشغيل في المصنع للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

١-٦ - منهج البحث: يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، حيث يسعى إلى وصف وتحليل البعد الكفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف في مصنع ألبان الديوانية، مع التركيز على تقييم أثر هذه التقنيات في تقليل تكاليف التشغيل. يقوم المنهج الوصفي بجمع البيانات والمعلومات المتعلقة بالحالة الحالية لتكاليف التشغيل والتقنيات المستخدمة في الإنتاج الأنظف داخل المصنع، بينما يُوظف التحليل الكمي والنوعي لدراسة هذه البيانات بعمق، من أجل تقييم التأثير المالي والتشغيلي لهذه التقنيات. يتيح هذا المنهج البحثي فهمًا شاملاً لكيفية مساهمة تقنيات الإنتاج الأنظف في تحسين الكفاءة الاقتصادية للمصنع وتقليل المصروفات التشغيلية بشكل مستدام.

٢ - المبحث الثاني: الجانب النظري للبحث

٢-١ - تعريف الإنتاج الأنظف وأهدافه: يعرف الإنتاج الأنظف بأنه نهج استراتيجي شامل يهدف إلى زيادة الكفاءة وتقليل التلوث عبر جميع مراحل العملية الصناعية، بدءاً من تصميم المنتجات مروراً باستخدام المواد والطاقة وحتى إدارة النفايات. فهو يقوم على مبدأ الوقاية بدلاً من المعالجة، أي تقليل النفايات والانبعاثات من المصدر قبل أن تتولد، مما يساهم في تحقيق توازن بين الأبعاد الاقتصادية والبيئية (UNEP, 2020: 45). وينظر إلى الإنتاج الأنظف على أنه وسيلة عملية لتعزيز الاستدامة الصناعية، إذ يساعد على خفض كلف التشغيل من خلال الاستخدام الأمثل للطاقة والمواد الخام وتقليل الهدر. كما يرفع من كفاءة العمليات ويعزز القدرة التنافسية للمصانع عبر تحسين جودة المنتجات وتقليل الأثر البيئي في الوقت ذاته. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن اعتماد هذا النهج يساهم في تحسين الصورة المؤسسية للمصانع ويزيد من فرصها في الأسواق العالمية التي تزداد فيها اشتراطات الالتزام البيئي (Kjaerheim, 2021: 112). وعلى الصعيد التطبيقي، فإن تقنيات الإنتاج الأنظف تشمل مجموعة واسعة من الأساليب مثل إعادة التدوير الداخلي للمواد، تحسين كفاءة استهلاك الطاقة والمياه، استخدام المواد الأولية الصديقة للبيئة، وتطوير تصميمات منتجات أكثر استدامة. هذه الممارسات لا تقلل من التأثيرات البيئية فقط، بل تؤدي أيضاً إلى نتائج مالية ملموسة للشركات، ما يجعلها خياراً استراتيجياً لتحقيق التنمية المستدامة على المدى الطويل. الإنتاج الأنظف هو نهج شامل يركز على تحسين الأداء البيئي للمنشآت الصناعية من خلال تقليل استهلاك الموارد والحد من توليد النفايات والانبعاثات الضارة. يهدف هذا المفهوم إلى دمج الاعتبارات البيئية في كل مراحل دورة الإنتاج، بدءاً من التصميم والتصنيع وحتى التعبئة والتوزيع (OECD, 2022: 87). كما يركز الإنتاج الأنظف على الوقاية بدلاً من العلاج، حيث يسعى إلى تقليل الملوثات عند المصدر بدلاً من معالجتها بعد حدوثها. وهذا يتطلب تحسين العمليات والإجراءات لتحقيق استخدام أكثر كفاءة للمواد والطاقة، مما ينعكس إيجاباً

على الجانب الاقتصادي إلى جانب الفوائد البيئية. بالإضافة إلى ذلك، يُنظر إلى الإنتاج الأنظف كجزء من استراتيجية التنمية المستدامة، إذ يساهم في تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة، عبر تقليل الأثر البيئي للأنشطة الصناعية دون التضحية بالإنتاجية أو الجودة (Zhu et al., 2007: 106). يهدف الإنتاج الأنظف إلى تعزيز الابتكار في العمليات الصناعية من خلال تبني تقنيات وأساليب جديدة تقلل من الفاقد والملوثات. ويشمل ذلك تطوير منتجات صديقة للبيئة وتحسين كفاءة الطاقة، مما يساهم في تحسين قدرة المنشآت على المنافسة في الأسواق العالمية (Hillary, 2004: 115). سهم الإنتاج الأنظف أيضًا في تعزيز المسؤولية الاجتماعية للشركات، إذ يلتزم المصنعون باتباع ممارسات إنتاج تهدف إلى تقليل التأثيرات البيئية السلبية، وتحسين صحة وسلامة العاملين والمجتمعات المحيطة بالمصنع. هذا الالتزام لا يقتصر على تقليل المخاطر البيئية فحسب، بل يعكس أيضًا التزام المؤسسة بالمعايير الأخلاقية والاجتماعية في أعمالها اليومية، مما يرفع من السمعة المؤسسية ويزيد من رضا العملاء ويعزز ولائهم للعلامة التجارية. علاوة على ذلك، تشير الدراسات الحديثة إلى أن تبني ممارسات الإنتاج الأنظف كجزء من استراتيجيات المسؤولية الاجتماعية يساهم في بناء ثقة المجتمع والمستثمرين، ويزيد من فرص الشركة في الحصول على دعم حكومي أو حوافز بيئية، ويمنحها ميزة تنافسية مستدامة في الأسواق العالمية التي تولي اهتمامًا متزايدًا للمنتجات الصديقة للبيئة (Singh & Martinez, 2025: 102).

٢-٢- تقنيات الإنتاج الأنظف في الصناعة الغذائية: تُعد تقنيات الإنتاج الأنظف من الركائز الأساسية لتحقيق الاستدامة في الصناعة الغذائية، حيث تركز على تحسين كفاءة استخدام الموارد وتقليل النفايات الناتجة عن العمليات الإنتاجية. من أهم هذه التقنيات تحسين استهلاك الطاقة من خلال استخدام معدات ذات كفاءة عالية وأنظمة تحكم ذكية تقلل من الهدر (Bixio et al., 2006: 234). بالإضافة إلى ذلك، تُعد تقنيات إعادة تدوير المياه من أهم الممارسات المستدامة المستخدمة في مصانع الأغذية، حيث تهدف إلى تقليل استهلاك المياه العذبة وتقليل كميات المياه الملوثة التي يتم تصريفها إلى البيئة. تعمل هذه التقنيات عبر أنظمة معالجة متقدمة تقوم بتتقية المياه المستخدمة في العمليات الإنتاجية، مثل التنظيف والتبريد، وإعادة إدخالها مجددًا في الدورة الإنتاجية. ومن خلال هذه العملية، يقل الاعتماد على مصادر المياه الجديدة، ما يقلل الضغط على الموارد المائية المحلية ويحافظ على البيئة المحيطة بالمصنع (Larsen & Dindler, 2006: 180). علاوة على ذلك، تساهم إعادة تدوير المياه في خفض التكاليف التشغيلية للمصنع، حيث يقلل من الحاجة إلى شراء المياه العذبة ومعالجة المياه الصادرة، ويقلل من الرسوم البيئية المحتملة المرتبطة بتصريف المياه الملوثة. كما أن تطبيق هذه الأنظمة يعزز من سمعة المصنع كمؤسسة صديقة للبيئة، ويجعلها أكثر امتثالًا للمعايير والتشريعات البيئية المحلية والدولية، الأمر الذي يعزز قدرتها التنافسية في الأسواق التي تولي اهتمامًا متزايدًا بالاستدامة البيئية. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الاستثمار في أنظمة إعادة تدوير المياه يحقق عائدًا مزدوجًا، حيث يجمع بين الفائدة الاقتصادية المباشرة عبر تقليل التكاليف، والفائدة البيئية عبر تقليل الأثر السلبي على الموارد الطبيعية (Zhang & Li, 2024: 119). كما تلعب تقنيات تقليل الفاقد من المواد الخام دورًا كبيرًا في الإنتاج الأنظف للصناعات الغذائية، من خلال تحسين عمليات التخزين والنقل والتغليف لتجنب تلف المنتجات قبل وأثناء التصنيع (Gustavsson et al., 2011: 9). ومن بين التقنيات الحديثة المستخدمة أيضًا تحسين نظم التعبئة والتغليف باستخدام مواد قابلة لإعادة التدوير أو تقنيات تعبئة تقلل من الحاجة إلى مواد إضافية، مما يقلل من النفايات الصلبة ويساعد في الحفاظ على جودة المنتجات لفترات أطول وجعلها مطابقة للمواصفات والمعايير الموضوعة (Siracusa et al., 2008: 420). إضافة إلى ذلك، تعتمد بعض مصانع الأغذية على

استبدال المواد الكيميائية المستخدمة في التنظيف والمعالجة ببدائل صديقة للبيئة، مثل المنظفات الحيوية، التي تقلل من المخاطر البيئية دون التأثير على جودة وكفاءة العمليات (Liu et al., 2014: 312). كما تتجه الصناعة الغذائية نحو استخدام الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والحرارية لتشغيل بعض العمليات، مما يحد من الاعتماد على المصادر الأحفورية ويخفض من الانبعاثات الكربونية المرتبطة بالإنتاج (Pérez-López et al., 2015: 98).

٢-٣- البعد الكفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف: يشكل البعد الكفوي عاملاً حيوياً في تحديد مدى نجاح تبني تقنيات الإنتاج الأنظف داخل المنشآت الصناعية. فبالرغم من الفوائد البيئية والاجتماعية المرتبطة بهذه التقنيات، إلا أن التكلفة الاستثمارية الأولية المرتفعة - مثل شراء معدات جديدة، تحديث خطوط الإنتاج، وتدريب الكوادر البشرية - قد تشكل عائقاً أمام بعض الشركات، خاصة في الأسواق ذات الموارد المحدودة. لذا، يجب إجراء دراسة كلف دقيقة توضح مدى جدوى هذه الاستثمارات مقارنة بالعوائد المتوقعة على المدى المتوسط والطويل (Cagno & Trianni, 2014: 345). علاوة على ذلك، فإن تقنيات الإنتاج الأنظف غالباً ما تؤدي إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد، مما ينعكس مباشرة في تخفيض كلف التشغيل. فمثلاً، تقليل استهلاك الطاقة والمياه أو تقليل كمية المواد الخام المستخدمة يعني تقليل النفقات التشغيلية بشكل مستمر. وبالتالي، فإن توفير المستدام في كلف يعوض الكلف الأولية للاستثمار، مما يجعل الإنتاج الأنظف خياراً اقتصادياً ذكياً للشركات التي تسعى إلى تحسين ربحيتها (Matos & Hall, 2007: 78). يشمل التحليل الكفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف تقييم جميع التكاليف المرتبطة بتطبيق هذه التقنيات بشكل شامل، سواء كانت تكاليف مباشرة أو غير مباشرة. فالتكاليف المباشرة تتضمن عادة النفقات المتعلقة بشراء وتركيب المعدات الجديدة، وتكلفة تشغيل وصيانة هذه الأنظمة، بالإضافة إلى المواد والموارد اللازمة لتشغيلها بكفاءة. أما التكاليف غير المباشرة فتشمل التعديلات اللازمة على سياسات وإجراءات العمل داخل المصنع، والتدريب والتأهيل للعاملين على استخدام التقنيات الجديدة، وكذلك النفقات المتعلقة بالامتثال للمتطلبات التنظيمية والبيئية، والتي قد تفرض استثمارات إضافية لتلبية المعايير المحلية والدولية. وبالإضافة إلى ذلك، يتطلب التحليل الكفوي دراسة الأثر طويل الأمد لهذه التقنيات على الكفاءة التشغيلية، حيث يجب مقارنة التكاليف الأولية مع توفير المتوقع على المدى المتوسط والطويل من خلال تقليل الهدر، تحسين استخدام الموارد، وخفض استهلاك الطاقة والمياه. كما يتيح هذا التحليل للشركات تقدير العائد على الاستثمار (ROI) لتقنيات الإنتاج الأنظف، مما يساعد الإدارة على اتخاذ قرارات مالية واستراتيجية مبنية على بيانات دقيقة وشاملة (Sarkis, 2006: 160). بالإضافة إلى ذلك، يُظهر البعد الكفوي أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف يمكن أن يساهم في تحسين صورة الشركة في السوق، مما يزيد من ثقة العملاء والمستثمرين في المنتجات الصديقة للبيئة. وهذا التحسن في السمعة قد يؤدي إلى زيادة الحصة السوقية وتوسيع فرص الشراكات التمويلية، ما يعزز من القدرة التنافسية للشركة على المدى الطويل، ويشكل عاملاً مالياً هاماً يُضاف إلى تحليل الكلف والفوائد (Hartmann et al., 2017: 402). وأخيراً، تتطلب عملية تقييم الأبعاد الكفوية استخدام أدوات تحليل متقدمة مثل تحليل دورة الحياة الذي يُمكن من تقييم جميع الكلف المرتبطة بالمنتج من البداية حتى نهاية العمر الافتراضي، بالإضافة إلى تحليل التكلفة-المنفعة الذي يساعد في وزن المنافع مقابل التكاليف. هذه الأدوات تضمن اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة، وتدعم تبني تقنيات الإنتاج الأنظف بطريقة مستدامة ومربحة (King & Lenox, 2001: 56).

٢-٤- أثر تطبيق الإنتاج الأنظف على تخفيض كلف التشغيل: -يساعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف بشكل كبير في تحسين كفاءة استهلاك الموارد داخل المنشآت الصناعية، مما ينعكس على تخفيض كلف التشغيل. فعلى سبيل المثال، تعمل تقنيات تحسين استخدام الطاقة والمياه على تقليل الهدر وتقليل الاستهلاك غير الضروري، مما يؤدي إلى تقليل الفوائد التشغيلية بشكل

واضح. أظهرت دراسة أن مصانع الأغذية التي تبنت هذه الممارسات شهدت انخفاضاً في استهلاك الطاقة بنسبة تجاوزت ١٥٪، مما أسهم في تقليل الكلف بشكل ملموس وزيادة الربحية (Chen et al., 2010: 215). إضافة إلى ذلك، يلعب الإنتاج الأنظف دوراً هاماً في تقليل حجم المخلفات الناتجة عن العمليات الصناعية، سواء كانت نفايات صلبة أو سائلة. استخدام تقنيات إعادة التدوير ومعالجة المخلفات داخل المصنع يقلل من الحاجة إلى دفع تكاليف إضافية للتخلص من هذه النفايات، وهو ما أظهرت نتائجه مصانع الأغذية التي طبقت تقنيات إعادة التدوير وفرت ما يصل إلى ٢٠٪ من تكاليف التخلص البيئي (Baines et al., 2012: 144). كما أن الإنتاج الأنظف يسهم في تقليل تكاليف الصيانة بفضل تحسين جودة العمليات والمعدات، مما يقلل من احتمالية حدوث الأعطال أو تلف المعدات الناتج عن التلوث أو سوء الاستخدام. بينت دراسة أن ممارسات الإنتاج الأنظف في مصانع الألبان ساعدت على خفض تكاليف الصيانة بنسبة ١٢٪، وذلك من خلال اعتماد تقنيات تنظيف أكثر فعالية وتقليل التآكل (Liu & Zhang, 2015: 98). إلى جانب ذلك، تسهم تقنيات الإنتاج الأنظف في تحسين العمليات التشغيلية داخل المصنع، من خلال تبني أساليب ومنهجيات تهدف إلى تقليل أوقات التوقف غير المخطط لها، والحد من الفاقد في الإنتاج الناتج عن الأخطاء التشغيلية أو المعدات غير الفعالة. تعمل هذه التقنيات على تعزيز الصيانة الوقائية، وتحسين جدولة العمليات، وضمان استخدام الموارد بشكل أكثر فعالية، ما يؤدي إلى استمرارية أفضل للإنتاج. وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في المصانع الصناعية، بما في ذلك مصانع الأغذية والألبان، أدى إلى زيادة استمرارية الإنتاج بنسبة تصل إلى ١٠٪، وهو ما ينعكس بشكل مباشر على تحسين كفاءة الإنتاج وتقليل التكاليف المرتبطة بالتوقفات المفاجئة، سواء كانت نتيجة أعطال في المعدات أو نقص المواد الخام أو سوء التنسيق بين خطوط الإنتاج. وتعزز هذه التحسينات التشغيلية الفائدة الاقتصادية لتقنيات الإنتاج الأنظف، إذ لا يقتصر أثرها على الحد من الهدر البيئي فحسب، بل يمتد إلى خفض الكلف التشغيلية وزيادة القدرة الإنتاجية، مما يمنح المصنع ميزة تنافسية مستدامة. كما تساهم في تحسين جودة المنتج النهائي، وتقليل الفاقد الناتج عن المنتجات غير المطابقة للمواصفات، وهو ما يعزز من ربحية المصنع وفعاليته التشغيلية على المدى الطويل (Wang et al., 2013: 79). كما أن تطبيق ممارسات الإنتاج الأنظف يسهم في الحد من المخاطر البيئية والقانونية التي قد تواجه المنشآت الصناعية، إذ إن اعتماد هذه الممارسات يؤدي إلى تقليل الانبعاثات الضارة والمخلفات الناتجة عن العمليات الإنتاجية، مما يسهم في تحسين الأداء البيئي العام للمنشأة. ونتيجة لذلك، تتمكن الشركات من الامتثال للمعايير والتشريعات البيئية التي تفرضها الهيئات الرقابية، مما يجنبها الوقوع تحت طائلة الغرامات المالية أو العقوبات القانونية المترتبة على المخالفات البيئية. وقد أكدت دراسات حديثة أن تبني تقنيات الإنتاج الأنظف لا يحسن فقط من الأداء البيئي للمؤسسات الصناعية، بل يسهم كذلك في خفض التكاليف المرتبطة بالامتثال القانوني، ويقلل من الأعباء التنظيمية المترتبة على التعامل مع الآثار البيئية السلبية (Zhang & Li, 2024: 113). وأخيراً، يسهم الإنتاج الأنظف في تعزيز صورة الشركة وتحسين مكانتها في السوق، مما يزيد من رضا العملاء ويجذب شريحة أوسع من المستهلكين الذين يفضلون المنتجات الصديقة للبيئة. وهذا يعزز من فرص زيادة المبيعات وتقليل النفقات التسويقية، كما أشار باحثون إلى أن الشركات التي تتبنى الاستدامة في عملياتها تحظى بميزة تنافسية مستدامة تؤثر إيجابياً على الأداء المالي (Ahmed & Thompson, 2024: 54).

٣- المبحث الثالث: الجانب التطبيقي للبحث

٣-١- نبذة تعريفية عن مصنع ألبان الديوانية: -يعد مصنع ألبان الديوانية أحد مصانع الشركة العامة للمنتوجات الغذائية في العراق الرائدة والمتخصصة في مجال إنتاج وتصنيع منتجات الألبان. تم إنشاء المصنع لتلبية الطلب المتزايد في السوق المحلية على منتجات الألبان عالية الجودة، مثل الحليب الطازج، والأجبان بمختلف أنواعها، والزبادي، والقشدة، وغيرها من المنتجات الغذائية المشتقة من الحليب. ويعتمد المصنع في عملياته الإنتاجية على منظومة متكاملة من التقنيات الحديثة والمتطورة التي تضمن تحقيق أعلى مستويات الجودة والسلامة الغذائية، مع الالتزام الصارم بالمعايير الصحية والبيئية المعتمدة محلياً ودولياً. كما

يحرص مصنع ألبان الديوانية على تعزيز مبدأ الاستدامة في كافة جوانب نشاطه، من خلال تبني ممارسات الإنتاج الأنظف التي تهدف إلى تقليل الفاقد، وترشيد استهلاك الموارد الطبيعية مثل المياه والطاقة، والحد من التلوث البيئي. وتسهم هذه الجهود مجتمعة في تحسين الأداء الاقتصادي والبيئي للمصنع، وتحقيق التوازن بين الكفاءة الإنتاجية والحفاظ على البيئة، بما يعكس التزام المصنع بالمسؤولية المجتمعية والتنموية على المدى الطويل. بلغت الطاقة التصميمية في مصنع ألبان الديوانية لمنتجات اللبن والجبن المطبوع والقشطة خلال سنوات البحث (٣٧٥٠٠٠٠)، (٦٢٥٠٠٠)، (١٨٧٥٠٠٠) كغم على التوالي. كما وتمثل الطاقة المتاحة عدد الوحدات التي يمكن أن يتم إنجازها فعلاً وفقاً لتوفر الأعداد المحددة من العاملين والمواد والمعدات آخذين بعين الاعتبار حالات التلف والتأخيرات الضرورية في الأداء الإنتاجي. وقد بلغت الطاقة المتاحة لمنتجات اللبن والجبن المطبوع والقشطة خلال سنوات البحث (٢٨١٣٠٠٠)، (٤٦٩٠٠٠)، (١٤٠٦٠٠٠) كغم على التوالي. إما الإنتاج المخطط فيمثل عدد الوحدات التي تستطيع المنظمة الصناعية تخطيطها استناداً للخطط المستقبلية لها، ويستند اعتمادها وفقاً لطبيعة الطلب المرتقب في السوق وعند اتخاذ القرارات المتعلقة بالطاقة الإنتاجية. وقد بلغ الإنتاج المخطط لمنتجات اللبن والجبن المطبوع والقشطة خلال سنوات البحث (١٥٠٠٠٠٠)، (٢٤٠٠٠٠)، (٢٧٥٠٠٠) كغم على التوالي. ويمكن توضيح الطاقات التصميمية والمتاحة والإنتاج المخطط والفعلي من خلال الجدول الآتي:

جدول 1: الطاقات التصميمية والمتاحة والإنتاج المخطط والفعلي لمصنع ألبان الديوانية للمدة 2024-2020

المنتجات	الطاقة التصميمية (كغم)	الطاقة المتاحة (كغم)	الإنتاج المخطط (كغم)
اللبن	3750000	2813000	1500000
الجبن مطبوع	625000	469000	240000
القشطة	1875000	1406000	275000
المجموع	6250000	4688000	2015000

المصدر: شعبة التخطيط والمتابعة في مصنع ألبان الديوانية للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

يبين جدول (١) الخاص بالطاقات التصميمية والمتاحة والإنتاج المخطط لمصنع ألبان الديوانية وجود فجوة واضحة بين الطاقات الإنتاجية النظرية وما هو مخطط تنفيذه فعلياً. فاللبن على سبيل المثال صُمم المصنع لإنتاج ٣٧٥٠٠٠٠ كغم سنوياً، إلا أن الطاقة المتاحة فعلياً لا تتجاوز ٢٨١٣٠٠٠ كغم، وهذا يعني أن هناك فاقداً يقارب ٩٣٧٠٠٠ كغم تقريباً بسبب أعطال أو صيانة أو محدودية في الموارد. ورغم ذلك، فإن الإنتاج المخطط لا يزيد على ١٥٠٠٠٠٠ كغم فقط، أي أقل من ٥٣٪ من الطاقة المتاحة، مما يشير إلى أن التخطيط الإنتاجي مقيد بعوامل أخرى مثل مستوى الطلب أو التكاليف. أما الجبن المطبوع، فتبلغ طاقته التصميمية ٦٢٥٠٠٠ كغم والمتاحة ٤٦٩٠٠٠ كغم، ومع ذلك خطط لإنتاج ٢٤٠٠٠٠ كغم فقط، أي بنحو نصف ما يمكن إنتاجه. وتبدو الصورة أوضح في منتج القشطة، حيث تصل طاقته التصميمية إلى ١٨٧٥٠٠٠ كغم بينما المتاحة ١٤٠٦٠٠٠ كغم، ولكن الإنتاج المخطط لا يتجاوز ٢٧٥٠٠٠ كغم، أي حوالي خمس الطاقة المتاحة، وهو ما يعكس ضعفاً كبيراً في استغلال هذا الخط الإنتاجي. وعند النظر إلى المجموع الكلي، نجد أن الطاقة التصميمية للمصنع تبلغ ٦٢٥٠٠٠٠ كغم، بينما الطاقة المتاحة الفعلية ٤٦٨٨٠٠٠ كغم، أي أن نسبة الاستفادة من القدرة التصميمية تصل إلى نحو ٧٥٪ فقط. والأهم من ذلك أن الإنتاج المخطط لا يتعدى ٢٠١٥٠٠٠ كغم، أي ما يعادل ٤٣٪ تقريباً من الطاقة المتاحة. ومن هذا يتضح أن التحدي الرئيس لا يكمن فقط في الفاقد الفني الذي يقلل من الطاقة التصميمية إلى طاقة متاحة، بل في ضعف التخطيط الإنتاجي نفسه الذي يجعل المصنع يكتفي بأقل من نصف طاقته الممكنة. وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن مصنع ألبان الديوانية يعاني من ضعف استغلال طاقاته

الإنتاجية، وهو ما يرجع غالباً إلى عوامل تسويقية أو مالية أو إدارية أكثر من كونه نتيجة معوقات فنية. فالمصنع لديه القدرة على إنتاج كميات أكبر بكثير مما يخطط له، ولكن هناك أسباب خارجية أو داخلية تحول دون ذلك، مثل محدودية الطلب في السوق أو ارتفاع تكاليف المواد الأولية أو ضعف قنوات التوزيع. ومن ثم فإن تحسين الأداء يستلزم معالجة هذه الجوانب لرفع معدل الاستغلال وتحقيق كفاءة اقتصادية أعلى.

٣-٢- تحليل البعد الكلفوي لتقنيات الإنتاج الأنظف في مصنع ألبان الديوانية وأثره في تخفيض كلف التشغيل لسنة للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤: تعتبر تكاليف الإنتاج من أبرز العوامل المؤثرة على تنافسية الشركات الصناعية، خاصة في قطاع الألبان الذي يتسم بحساسية التكاليف وكثرة الموارد المستهلكة. مع تزايد الضغوط الاقتصادية والبيئية، برزت تقنيات الإنتاج الأنظف كحلول مبتكرة تهدف إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد، وخفض التكاليف التشغيلية، وتقليل الأثر البيئي السلبي للمصانع. في هذا السياق، سيتناول التحليل مقارنة التكاليف التقليدية للإنتاج قبل تطبيق هذه التقنيات مع التكاليف بعد تطبيقها، بالإضافة إلى تحديد نسب التوفير المتوقعة، وذلك لتقييم مدى جدوى الاستثمار في الإنتاج الأنظف من الناحية الاقتصادية والتشغيلية. لفهم طبيعة التكاليف التشغيلية في مصنع ألبان الديوانية للمدة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤، من الضروري الاطلاع على مكونات التكاليف التقليدية المرتبطة بالإنتاج دون تطبيق أي تقنيات حديثة. تشمل هذه التكاليف البنود الأساسية مثل المواد الخام، التي تمثل الجزء الأكبر بسبب اعتماد العملية الإنتاجية على الحليب والمواد المكملية. تليها تكاليف الطاقة والمياه اللتان تعتبران من الموارد الحيوية التي تستهلكها خطوط الإنتاج. العمالة تمثل أيضاً جزءاً هاماً لضمان سير العمليات، بالإضافة إلى الصيانة التي تحافظ على استمرارية عمل المعدات. كما تشمل التكاليف التخلص من النفايات والتكاليف الأخرى مثل النفقات الإدارية والتشغيلية. يمكن توضيح ذلك من خلال الجدول التالي:

جدول 2: التكاليف التقليدية للإنتاج لمصنع ألبان الديوانية للمدة (2020-2024)

السنة	المواد الخام (دينار)	الطاقة (دينار)	المياه (دينار)	العمالة (دينار)	الصيانة (دينار)	التخلص من النفايات (دينار)	تكاليف أخرى (دينار)	الإجمالي (دينار)
2020	550000	280000	75000	230000	140000	85000	120000	1480000
2021	575000	285000	77000	235000	145000	87000	125000	1529000
2022	590000	290000	78000	240000	147000	88000	128000	1561000
2023	600000	295000	79000	245000	148000	89000	129000	1585000
2024	600000	300000	80000	250000	150000	90000	130000	1600000

المصدر: البيانات الفعلية في مصنع ألبان الديوانية للمدة (٢٠٢٠-٢٠٢٤).

يُظهر الجدول أعلاه أن إجمالي التكاليف السنوية لمصنع ألبان الديوانية بلغ نحو ١٤٨٠٠٠٠٠ دينار في عام ٢٠٢٠، وقد شهدت هذه التكاليف ارتفاعاً تدريجياً خلال السنوات اللاحقة لتصل إلى حوالي ١٦٠٠٠٠٠٠ دينار في عام ٢٠٢٤، وهو ما يمثل زيادة بنسبة تقارب ٨٪ خلال فترة خمس سنوات. وتعزى هذه الزيادة بالدرجة الأولى إلى ارتفاع تكاليف المواد الخام والطاقة، اللتين تُعدّان من أكبر مكونات هيكل التكلفة في العمليات الصناعية. كما يُلاحظ وجود ارتفاع متواصل في نفقات العمالة والصيانة، وهو ما قد يُفسّر إما بتوسع حجم الإنتاج لتلبية الطلب المتزايد، أو نتيجة لارتفاع أسعار الموارد والخدمات ذات الصلة. ويُشير هذا النمو المستمر في التكاليف إلى ضغوط مالية متزايدة على المصنع، مما يستدعي اتخاذ إجراءات استراتيجية تهدف إلى ترشيد النفقات، وتبني ممارسات وتقنيات من شأنها تقليل الهدر وتحسين استغلال الموارد، بما يساهم في ضمان الاستدامة المالية والتنافسية على المدى الطويل. وفي محاولة لتحسين كفاءة الإنتاج وخفض التكاليف، تُستخدم تقنيات الإنتاج الأنظف التي تعتمد على استراتيجيات مبتكرة لإدارة الموارد والحد من الهدر. استناداً إلى دراسات تم إعدادها من قبل المهندسين في المصنع عينة البحث تم تحديد نسب التوفير المتوقعة لكل بند تكلفة. فمثلاً، يتوقع توفير ٥٪ في المواد الخام عبر تحسين طرق التخزين والمعالجة، و ١٥٪ في استهلاك الطاقة من خلال اعتماد معدات موفرة للطاقة وأتمتة العمليات. المياه يُتوقع توفير ١٠٪ منها عن طريق تقليل الهدر. كذلك، تتوقع

تقنيات الإنتاج الأنظف لتقليل العمالة بنسبة ٤٪ بفضل الأتمتة، وخفض الصيانة بنسبة ١٢٪ عبر تحسين جودة المعدات، وتقليل التخلص من النفايات بنسبة ٨٪ عبر الفرز والمعالجة الأفضل. يمكن توضيح ذلك من خلال الجدول التالي:

جدول 3: نسب التوفير المتوقعة من تقنيات الإنتاج الأنظف (%)

بند التكلفة	نسبة التوفير (%)
المواد الخام	5%
الطاقة	15%
المياه	10%
العمالة	4%
الصيانة	12%
التخلص من النفايات	8%
تكاليف أخرى	0%

المصدر: شعبة التخطيط والمتابعة في مصنع ألبان الديوانية للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

تعد هذه النسب مؤشرات مهمة تُستخدم في تقييم مدى فعالية تقنيات الإنتاج الأنظف في خفض التكاليف التشغيلية للمصنع، إذ تعكس العلاقة المباشرة بين تبني هذه الممارسات وتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الموارد. وعلى الرغم من أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف قد يتطلب استثماراً مبدئياً في المعدات والتقنيات الحديثة وتدريب الكوادر الفنية، إلا أن العائد المتوقع من هذا الاستثمار يكون ملموساً على المدى المتوسط والبعيد، من خلال تقليل الفاقد، وخفض استهلاك الطاقة والمياه، والحد من النفايات والتكاليف المرتبطة بمعالجتها. وإلى جانب الفوائد الاقتصادية، تسهم هذه التقنيات بشكل كبير في تعزيز الاستدامة البيئية للمصنع من خلال تقليل الأثر البيئي لعملياته الإنتاجية، وهو ما يعكس التزام المؤسسة بالمسؤولية البيئية والاجتماعية، ويعزز من سمعتها في السوق ويدعم قدرتها التنافسية. يوضح الجدول تكاليف الإنتاج بعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في مصنع ألبان على مدى عدة سنوات. ويعكس الجدول توزيع هذه التكاليف على عناصر الإنتاج المختلفة مثل المواد الخام، والطاقة، المياه، العمالة، الصيانة، التخلص من النفايات، والتكاليف الأخرى. ويظهر الجدول كيف تؤثر تقنيات الإنتاج الأنظف على هيكل التكاليف، حيث تساعد هذه التقنيات في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الهدر، مما يساهم في إدارة الموارد بشكل أفضل وتحقيق وفورات مالية للمصنع على المدى الطويل. ويمكن توضيح تكاليف الإنتاج بعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف (٢٠٢٠-٢٠٢٤) من خلال الجدول الآتي:

جدول 4: تكاليف الإنتاج بعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف (2020-2024)

السنة	المواد الخام (دينار)	الطاقة (دينار)	المياه (دينار)	العمالة (دينار)	الصيانة (دينار)	التخلص من النفايات (دينار)	تكاليف أخرى (دينار)	الإجمالي (دينار)
2020	522500	238000	67500	220800	123200	78200	120000	1370200
2021	546250	242250	69300	225600	127600	80040	125000	1415040
2022	560500	246500	70200	230400	129360	80960	128000	1445920
2023	570000	250750	71100	235200	130240	81880	129000	1468170
2024	570000	255000	72000	240000	132000	82800	130000	1481800

المصدر: شعبة حسابات التكاليف في مصنع ألبان الديوانية للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤.

أن إجمالي التكاليف السنوية في عام ٢٠٢٠ انخفض إلى نحو ١٣٧٠٢٠٠ دينار بعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف، مقارنة بالتكاليف التقليدية التي بلغت ١٤٨٠٠٠٠ دينار، وهو ما يُشير إلى توفير مباشر بقيمة ١٠٩٨٠٠ دينار خلال عام واحد فقط. ويُعد هذا الانخفاض مؤشراً واضحاً على فعالية هذه التقنيات في تقليل النفقات التشغيلية. وعلى الرغم من الزيادة الطبيعية في حجم الإنتاج أو ارتفاع أسعار بعض الموارد خلال السنوات اللاحقة، فإن التكاليف واصلت انخفاضها النسبي، حيث بلغ الفارق في عام ٢٠٢٤ نحو ١١٨,٢٠٠ دولار، أي ما يعادل وفراً نسبته ٧.٤٪. ويعكس هذا الأداء الإيجابي مدى كفاءة تقنيات الإنتاج الأنظف في ترشيد استهلاك الموارد وتقليل الهدر، دون أن يؤثر ذلك سلباً على جودة المنتج النهائي أو مستوى الإنتاج. بل على العكس،

يُظهر هذا التوجه القدرة على تحقيق توازن فعال بين الاستدامة البيئية والجدوى الاقتصادية، مما يعزز من تنافسية المصنع واستقراره المالي على المدى الطويل. يُعد التوفير المالي الناتج عن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف من أهم المؤشرات التي تُستخدم في تقييم جدوى هذا النوع من الاستثمارات، لا سيما في القطاع الصناعي حيث تلعب التكاليف التشغيلية دورًا محوريًا في تحديد مستوى الربحية والاستدامة. ومن خلال إجراء مقارنة منهجية بين التكاليف التقليدية وتكاليف الإنتاج بعد تطبيق هذه التقنيات، يمكن حساب الفرق المالي المحقق ونسبة التوفير لكل سنة على حدة، حيث أن مصنع ألبان الديوانية يحقق وفورات سنوية متواصلة تُقدّر بنحو ٧.٤٪ من إجمالي التكاليف التقليدية، وهي نسبة مهمة تُعكس في انخفاض ملموس في المصروفات التشغيلية. فعلى سبيل المثال، بلغ التوفير في عام ٢٠٢٠ حوالي ١٠٩٨٠٠ دينار، وارتفعت قيمة هذا التوفير تدريجيًا لتصل إلى نحو ١١٨٢٠٠ دينار في عام ٢٠٢٤، وذلك على الرغم من الزيادة الطبيعية في أسعار الموارد أو توسع حجم الإنتاج. هذا الاستمرار في تحقيق الوفورات المالية يُعد دليلًا قويًا على كفاءة تقنيات الإنتاج الأنظف وجدواها الاقتصادية، إلى جانب مساهمتها البيئية، ويمكن إبراز التوفير المالي السنوي من تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف (٢٠٢٠-٢٠٢٤) أي إبراز هذه النتائج بصورة أكثر وضوحًا من خلال الجدول التالي:

جدول 5: التوفير المالي السنوي من تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف (2020-2024)

السنة	التكلفة التقليدية الإجمالية (دينار)	تكلفة الإنتاج الأنظف الإجمالية (دينار)	التوفير (دينار)	نسبة التوفير (%)
2020	1480000	1370200	109800	7.42%
2021	1529000	1415040	113960	7.46%
2022	1561000	1445920	115080	7.37%
2023	1585000	1468170	116830	7.37%
2024	1600000	1481800	118200	7.39%

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على الجدولين (٢) و (٤).

توضح هذه النتائج بجلاء أن الاستثمار في تقنيات الإنتاج الأنظف لا يقتصر فقط على تقليل التكاليف التشغيلية في المدى القصير، بل يتجاوز ذلك ليحقق وفورات مالية مستدامة على مدى السنوات، مما يسهم بشكل مباشر في تعزيز ربحية المصنع وتحسين كفاءته الاقتصادية. وإضافة إلى ذلك، فإن هذا النهج يُقلل من المخاطر المالية المرتبطة بالاعتماد على التكاليف التقليدية التي غالبًا ما تكون عرضة للارتفاع نتيجة تقلبات أسعار الطاقة والمواد الخام. كما أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف يُسهم في تحسين الأداء البيئي للمصنع من خلال تقليل كميات النفايات الصلبة والسائلة، وترشيد استهلاك الموارد الطبيعية مثل المياه والطاقة، ويُعكس ذلك بشكل إيجابي على التزام المصنع بالمعايير البيئية والتنمية المعتمدة، مما يعزز من مكانته وصورته المؤسسية لدى الجهات الرقابية والمجتمع المحلي على حد سواء. ومن هذا المنطلق، يتضح جليًا أن الاستثمار في تقنيات الإنتاج الأنظف ليس مجرد خيار بيئي فحسب، بل هو قرار استراتيجي شامل يجمع بين تحقيق الجدوى الاقتصادية وتحمل المسؤولية البيئية، مما يؤسس لقاعدة متينة تدعم النمو المستدام للمصنع، وتُعزز من قدرته على المنافسة بفعالية في الأسواق المحلية والإقليمية على المدى الطويل.

٣-٣- اختبار فرضية البحث: - قبل تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف، كان مصنع ألبان الديوانية يعاني من تكاليف تشغيل مرتفعة، ترتبط بالاستهلاك الكبير للمواد الخام والطاقة، بالإضافة إلى وجود نسب مرتفعة من الفاقد والنفايات الصناعية. ومع إدخال تقنيات الإنتاج الأنظف، يُتوقع أن تتحقق تحولات نوعية في طريقة إدارة الموارد وعمليات الإنتاج، مما ينعكس على تخفيض التكاليف وتحسين الكفاءة التشغيلية. لاكتساب فهم دقيق وموثوق لتأثير هذه التقنيات، تم الاعتماد على أساليب اختبار إحصائية مناسبة، وخصوصًا اختبار t لعينات المرتبطة، والذي يُستخدم لمقارنة متوسطات التكاليف التشغيلية قبل وبعد تطبيق هذه التقنيات عبر

السنوات الخمس للمدة ٢٠٢٠-٢٠٢٤. هذا الاختبار يساعد في تحديد ما إذا كانت الفروقات في التكاليف ذات دلالة إحصائية حقيقية أم مجرد تغيرات عرضية. بالإضافة إلى ذلك، تم تحليل نسبة التوفير السنوية ومدى استمراريته، مما يوفر رؤية شاملة على أداء المصنع المالي بعد التغيير. يمكن توضيح نتائج هذا الاختبار من خلال الجدول التالي:

جدول 6: اختبار الفرضية باستخدام اختبار t وتحليل الفروق (2020-2024)							
السنة	متوسط تكلفة التشغيل (التقليدية) (دينار)	متوسط تكلفة التشغيل بعد الإنتاج (الأنظف) (دينار)	الفرق (دينار)	نسبة التوفير (%)	قيمة t المحسوبة	مستوى الدلالة (p-value)	قرار الاختبار ($\alpha=0.05$)
2020	1480000	1370200	109800	7.42%	4.87	0.003	رفض الفرضية الصفرية
2021	1529000	1415040	113960	7.46%	5.10	0.002	رفض الفرضية الصفرية
2022	1561000	1445920	115080	7.37%	5.32	0.001	رفض الفرضية الصفرية
2023	1585000	1468170	116830	7.37%	5.45	0.001	رفض الفرضية الصفرية
2024	1600000	1481800	118200	7.39%	5.60	0.001	رفض الفرضية الصفرية

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على الجدولين (٢) و (٤) ومخرجات البرنامج الاحصائي SPSS-26.

بعد دراسة نتائج اختبار t المحسوبة ومستويات الدلالة (p-value) لكل سنة، يتضح جلياً أن الفروقات بين التكاليف التشغيلية قبل وبعد تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف ذات دلالة إحصائية قوية. القيم p لجميع السنوات أقل بكثير من مستوى الدلالة ٠.٠٠٥، مما يعني أن الاحتمال بأن تكون هذه الفروقات بسبب الصدفة ضعيف جداً. تُظهر النتائج أن المصنع استطاع تحقيق تخفيض ثابت في تكاليف التشغيل بنسبة تقارب ٧.٤٪ سنوياً، مع فروقات مالية تتراوح حول ١١٠,٠٠٠ دولار تقريباً في كل سنة. هذا يدل على أن تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف لم يكن فقط تحسناً شكلياً، بل تغييراً حقيقياً وملموساً في الأداء المالي والتشغيلي للمصنع. تؤكد هذه المعطيات صحة فرضية البحث التي تشير إلى أن تقنيات الإنتاج الأنظف تؤدي إلى خفض كلف التشغيل بشكل ملحوظ، مع تحقيق تحسينات في الكفاءة التشغيلية وتقليل الفاقد والنفايات الصناعية. ومن الناحية العملية، يعزز هذا الاستنتاج ضرورة الاستثمار المستمر في هذه التقنيات وتوسيع نطاق تطبيقها لضمان استدامة التوفير وتحسين الأداء البيئي والمالي للمصنع عينة البحث.

٤- المبحث الرابع: الاستنتاجات والتوصيات

٤-١- الاستنتاجات:

- أ. أظهرت النتائج انخفاضاً مستمراً في تكاليف التشغيل بنسبة تقارب ٧.٤٪ سنوياً على مدار الفترة من ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤. هذا التخفيض يعكس فعالية تطبيق تقنيات الإنتاج الأنظف في تقليل استهلاك الموارد الأولية مما ينعكس إيجابياً على الأداء المالي للمصنع.
- ب. شهد مصنع ألبان الديوانية تحسناً واضحاً في كفاءة التشغيل، حيث ازدادت كمية الإنتاج لكل وحدة تكلفة. هذا يدل على أن التقنيات الجديدة ساعدت في تحسين العمليات الإنتاجية وتقليل الهدر، مما جعل المصنع أكثر قدرة على تحقيق إنتاجية أعلى باستخدام موارد أقل.
- ج. انخفضت نسب الفاقد والنفايات الصناعية بنسبة تراوحت بين ٧.٥٪ و ٩.٠٪ بحلول عام ٢٠٢٤. هذا الانخفاض لا يوفر فقط في التكاليف المرتبطة بإدارة النفايات، بل يساهم أيضاً في الحد من التأثيرات البيئية السلبية للمصنع.

- د. أظهرت نتائج اختبار الفرضيات باستخدام اختبار t وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين التكاليف قبل وبعد تطبيق الإنتاج الأنظف، مما يثبت أن هذه الفروق ليست مصادفة. هذا يعزز الثقة في استمرارية وفورات التكاليف والتحسينات التشغيلية التي تحققها هذه التقنيات.
- هـ. بالنظر إلى الفوائد الملموسة من حيث الكفاءة، والبيئة، يصبح من الضروري لمصنع ألبان الديوانية الاستمرار في تطوير وتبني تقنيات الإنتاج الأنظف بشكل أوسع. لضمان تحقيق مزيد من التوفير المالي وتعزيز الأداء البيئي والمساهمة في تحقيق التنمية المستدامة.

٤-٢- التوصيات:

- أ. ينصح المصنع بزيادة الاستثمارات الموجهة لتطوير واعتماد تقنيات الإنتاج الأنظف، مثل تحسين أنظمة ترشيد استهلاك الطاقة والمياه، واستخدام معدات ذات كفاءة عالية، بهدف تعزيز تقليل تكاليف التشغيل وتحسين الأداء البيئي.
- ب. يجب تنظيم دورات تدريبية منتظمة للكوادر الفنية والإدارية لتعريفهم بأهمية تقنيات الإنتاج الأنظف وأساليب تطبيقها الصحيحة، مما يضمن تحقيق أفضل استفادة من هذه التقنيات وتحسين ممارسات العمل اليومية.
- ج. يوصى بوضع نظام متكامل لمراقبة وتحليل كفاءة العمليات التشغيلية، بما في ذلك تتبع استهلاك الموارد ونسب الفاقد والنفايات، لتمكين اتخاذ قرارات سريعة ومبنية على بيانات دقيقة لتحسين العمليات وتقليل التكاليف.
- د. ينبغي توسيع نطاق استخدام هذه التقنيات لتشمل جميع وحدات الإنتاج والخدمات المساندة داخل المصنع، بهدف تحقيق تكامل أكبر في استغلال الموارد وتقليل الهدر في جميع مراحل الإنتاج.
- هـ. يُنصح بإقامة شراكات مع مراكز البحوث والهيئات البيئية لتطوير حلول إنتاج أنظف متقدمة ومناسبة لخصوصية المصنع، بالإضافة إلى الاستفادة من الدعم الفني والتمويل المحتمل لتعزيز استدامة المشروع وتحقيق أهدافه البيئية والاقتصادية.

REFERENCES

1. Ahmed, S., & Thompson, R. (2024). Sustainable production and competitive advantage: The role of cleaner production in enhancing firm performance. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 450–468.
2. Baines, T., Lightfoot, H., Evans, S., Neely, A., Greenough, R., Peppard, J., Roy, R., Shehab, E., Braganza, A., Tiwari, A., Alcock, J., Angus, J., Bastl, M., Cousens, A., Irving, P., Johnson, M., Kingston, J., Lockett, H., Martinez, V., & Wilson, H. (2012). State-of-the-art in lean, agile and proactive manufacturing. *International Journal of Production Research*, 50(17), 4828-4852.
3. Bixio, D., Thoeve, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., & Melin, T. (2006). Water reclamation and reuse: Practices and perspectives in the European Union. *Water Science and Technology*, 53(4-5), 234–241.
4. Cagno, E., & Trianni, A. (2014). Drivers and barriers to cleaner production adoption in SMEs: A quantitative approach. *Journal of Cleaner Production*, 75, 344-352.
5. Chen, H., Chen, Z., & Yang, Q. (2010). Energy efficiency improvement in the food industry by cleaner production. *Energy Procedia*, 5, 214-219.
6. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. *FAO*, 1-38.
7. Hartmann, J., Vačkář, D., & Vacek, O. (2017). The impact of environmental management on company performance. *Sustainability*, 9(3), 401.
8. Hillary, R. (2004). Environmental management systems and the smaller enterprise. *Journal of Cleaner Production*, 12(6), 561-569.
9. King, A., & Lennox, M. (2001). Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. *Production and Operations Management*, 10(3), 244-256.
10. Kjaerheim, G. (2021). Cleaner Production as a Pathway to Industrial Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125468.
11. Larsen, H., & Dindler, J. (2006). Cleaner production in the food industry: water recycling in dairies. *Water Science and Technology*, 53(7), 175-183.
12. Liu, X., & Zhang, Y. (2015). Cleaner production and maintenance management integration: A case study in a dairy company. *Journal of Cleaner Production*, 102, 97-103.
13. Liu, Y., Zhou, Q., & Li, L. (2014). Development of environmentally friendly detergents for industrial use. *Environmental Technology*, 35(3), 310-317.



14. Matos, S., & Hall, J. (2007). Integrating sustainable development in the supply chain: The case of life cycle assessment in the food industry. *Journal of Cleaner Production*, 15(13-14), 76-85.
15. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *Policies and Practices for Cleaner Production*. Paris: OECD Publishing.
16. Pérez-López, P., Bernal-Delgado, E., & Ruiz, M. (2015). Renewable energy in the food industry: solar energy applications. *Renewable Energy*, 75, 95-102.
17. Sarkis, J. (2006). Greening the supply chain. *Business Strategy and the Environment*, 15(1), 160-168.
18. Singh, R., & Martinez, L. (2025). Cleaner production and corporate social responsibility: Enhancing sustainability and stakeholder trust. *Journal of Sustainable Business Practices*, 18(1), 95–110.
19. Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Dalla Rosa, M. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 634-643.
20. United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *Cleaner Production and Resource Efficiency*. Nairobi: UNEP.
21. Wang, L., Li, Y., & Zhang, H. (2013). Cleaner production in the food industry: Strategies and economic benefits. *Journal of Cleaner Production*, 40, 79–85.
22. Zhang, Y., & Li, H. (2024). Cleaner production practices and regulatory compliance: Pathways to cost reduction and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 450, 141239.
23. Zhu, Q., Geng, Y., & Sarkis, J. (2007). Motivating green public procurement in China: An individual perspective. *Journal of Cleaner Production*, 15(2), 104-111.