



सोलार थर्मल प्रयोगविधि तह १ हाते पुस्तिका



बैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्र
राष्ट्रीय ग्रामीण तथा नविकरणीय उर्जा कार्यक्रम

प्रकाशक

नेपाल सरकार

विज्ञान, प्रविधि तथा वातावरण मन्त्रालय

बैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्र

राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जा कार्यक्रम

खुमलटार हाइट, ललितपुर

पोष्ट बक्स नं. २६१४३, काठमाण्डौ, नेपाल

फोनं. ९७७-५५३९३९०, ५५३९३९१, ५५४३०४४

फ्याक्स : ९७७-५५३९३९२

इमेल : ssp@aepec.gov.np

वेबसाइट : www.aepec.gov.np

लेखक

अभिषेक मल्ल

कार्यक्रम अधिकृत

AEPC / NRREP

संयोजक

रामप्रसाद धिताल

सहायक निर्देशक, भूगर्भ

पुनरावलोकनकर्ता

डा. श्री रत्न बज्रचार्य

निर्देशक, उर्जा अध्ययन केन्द्र

ईन्जिनियरिङ्ग अध्ययन संस्थान, पुल्चोक, त्रिभुवन विश्वविद्यालय

अनुवादक

खेम ज्ञवाली

उप-प्रमुख, मेकानिकल विभाग, थापाथली क्याम्पस

ISBN No.: 978-9937-2-7452-4

मुद्रण तथा प्रकाशन: WPS, wpsnepal@gmail.com, 5555989

प्राक्कथन

राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जा कार्यक्रम ५ वर्ष (जुलाई २०१२-जुलाई २०१७) को लागि नेपाल सरकार तथा नेपालको ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जाको क्षेत्रमा उल्लेखनीय सहयोग गर्दै आएका विकास साभेदारहरुले संयुक्त रुपमा तयार पारिएको कार्यक्रम हो । यसको कार्यकारी निकायको रुपमा बैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्र रहेको छ ।

सौर्य उर्जा उप - अवयव राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जा कार्यक्रम अन्तर्गतको बैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्रको एउटा - अवयव हो, जसले विशेष गरी ग्रामीण क्षेत्रमा बसोवास गर्ने निम्न वर्गका व्यक्तिहरुको जीवनशैलीमा सुधार गर्न, ग्रामीण जनसमुदायको रोजगारीमा वृद्धि तथा उत्पादकत्वमा वृद्धि गर्न, परम्परागत उर्जाका स्रोतहरुमाथिको निर्भरता न्यून गर्न तथा बैकल्पिक उर्जालाई ग्रामीण समुदायको आर्थिक क्रियाकलापसँग एकीकृत गरी दिगो विकासको लागि सौर्य शक्ति, थर्मल तथा विद्युतीय उपकरणहरुको उत्पादन, विस्तार, प्रयोग तथा सम्वर्धनमा विशेष जोड दिन्छ ।

यो हाते पुस्तिकाको मुख्य उद्देश्य उपयोगकर्तालाई विभिन्न प्रकारका सौर्य थर्मल प्रविधिहरु जस्तै : solar dryer, cooker and water heater हरुको बारेमा साधारण जानकारी प्रदान गर्ने, तीनिहरुका प्रकार र प्रयोग तथा मर्मत गर्नको लागि आवश्यक पर्ने सामान्य जानकारी उपलब्ध गराउनु साथै प्राविधिकहरुलाई विभिन्न सोलार थर्मल प्रविधिहरु, यसको समुचित प्रयोग तथा मर्मत गर्ने तरीकासँग परिचित गराउनु रहेको छ ।

अन्त्यमा यो पुस्तकलाई अहिलेको मूर्तरुप प्रदान गर्नको लागि आफ्नो अमूल्य समय, सुझाव, सल्लाह तथा पृष्ठपोषण प्रदान गर्नुहुने CRT-N, Sun Works Nepal, Dr. R.J. Fuller लगायत अन्य सवैजना धन्यवादका पात्र हुनुहुन्छ ।

पुस्तकको बारेमा केही कुरा

नेपाल सरकार, विज्ञान, प्रविधि तथा वातारण मन्त्रालय अन्तर्गत सन १९९६ मा स्थापना भएको वैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्र आफ्नो स्थापना समयदेखिनै नेपालमा नवीकरणीय उर्जाको विकास तथा प्रवर्धनमा समर्पित छ। यसैको तत्वावधानमा नेपालमा हालसम्म ४००,००० भन्दा बढी सोलार होम सिस्टम, ६,०००,००० भन्दा बढी सुधारिएको चुलो तथा ७०० भन्दा बढी लघु जलविद्युत प्लान्टहरु स्थापना तथा प्रयोग भइसकेका छन्। यसै सन्दर्भमा ग्रामीण भेगमा बसोबास गर्ने आम नागरिकहरुको जीवनशैलीमा सुधार ल्याउन तथा उर्जा सुरक्षाको लागि वैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्रले नेपाल सरकार तथा विभिन्न विकास साभेदारहरुको सहयोगमा हालसालै राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जा कार्यक्रम शुरु गरेको छ।

सौर्य उर्जा उप-अवयवले (SSEC), राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नवीकरणीय उर्जा कार्यक्रम (NNREP) अन्तर्गतका solar PV and solar thermal systems सँग सम्बन्धित विभिन्न क्रियाकलापहरुलाई सहयोग गर्दछ। यस कार्यक्रम अन्तर्गत ७५०० Solar thermal systems लाई आउँदो ५ वर्षभित्र अनुदान प्रदान गरिने छ भने विभिन्न सचेतना अभियानहरु, कार्यक्रम संचालन तथा स्थानीय मानव संसाधनको क्षमता विकास जस्ता विषयहरु मुख्य क्रियाकलापहरुका रुपमा रहने छन्। यसै शिलशिलामा, यो पुस्तक Solar thermal systems का जडानकर्ता र प्रयोगकर्ताहरुलाई अति नै उपयोगी हुने र यो प्रविधिको उत्थानमा गरिएका धेरै मध्येको एक पहल हुने विश्वास लिएको छ।

अन्त्यमा, सफतापूर्वक यस पुस्तक तयार गर्नुहुने श्री अभिषेक मल्ललाई धन्यवाद व्यक्त गर्न चाहन्छु। त्यस्तै रामप्रसाद धिताल, SESC Manager प्रति हार्दिक आभार व्यक्त गर्दै यस पुस्तक तयार गर्नमा सहयोग गर्नुहुने सम्पूर्ण व्यक्ति तथा संस्थाहरुलाई धन्यवाद व्यक्त गर्दछु।

प्रा. डा. गोविन्द राज पोखरेल

कार्यकारी निर्देशक,
वैकल्पिक उर्जा प्रवर्धन केन्द्र।

विषय सूची

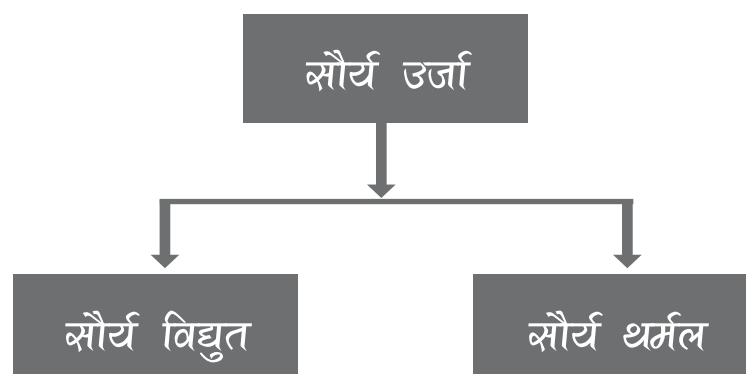
प्राक्कथन	क
पुस्तकको बारेमा केही कुरा	ख
परिच्छेद १ : सौर्य उर्जा (Solar Energy)	२
१.१ परिचय (Introduction)	२
१.२ सौर्य विद्युत (Solar Electricity)	३
१.३ सोलार थर्मल (Solar Thermal)	४
परिच्छेद २ : सोलार ड्रायर (Solar Dryer)	५
२.१ परिचय (Introduction)	५
२.२ सोलार ड्राइडका आधारभूत ज्ञानहरू (Fundamentals of Solar Drying)	६
२.३ प्रकारहरू (Types of Solar Dryer)	७
२.३.१ प्रत्यक्ष विधि (Direct Mode)	७
२.३.२ अप्रत्यक्ष विधि	८
२.३.३ मिश्रीत विधि (Mixed Mode)	९
२.३.४ अन्य वर्गीकरणहरू (Further Classifications)	९
२.४ सम्पूर्ण प्रणालीको ड्राइड क्षमता (Overall System Drying Efficiency)	१०
२.५ ड्रायर छनौट गर्दा ध्यान दिनु पर्ने कुराहरू (Factors to Considered in Dryer Selection)	११
२.६ ड्रायरको प्रयोग (Using a Solar dryer)	१२
२.६.१ प्री ड्राइङ (Pre-Drying)	१२
२.६.२ ड्रायर लाई अनलोड गर्ने (Unloading the dryer)	१५
२.६.३ प्याकेट तथा भण्डार गर्ने (Packaging and storing)	१५
२.६.४ स्याहार तथा संभार (Maintenance)	१५
२.७ लघु उद्यम प्रयोगका केही उदाहरणहरू (Examples of Micro Enterprise Applications)	१६
परिच्छेद ३ : सौर्य कुकर (Solar Cookers)	१७
३.१ परिचय (Introduction)	१७
३.२ सोलार कुकरको आधारभूत ज्ञानहरू (Fundamentals of solar cooker)	१८
३.३ सोलार कुकरका प्रकारहरू (Types of Solar cooker)	१९
३.३.१ बक्स टाइप (Box Type)	१९
३.३.२ कन्सन्ट्रेशन टाइप (Concentrating type)	२०
३.४ सोलार कुकर प्रयोग गर्दा ध्यान दिनुपर्ने कुराहरू (Using solar cooker)	२०
३.४.२ खाना पक्का लाग्ने समयलाई प्रभाव पार्ने तत्वहरू (Factors determining cooking time)	२२
३.४.३ मर्मत तथा सम्भार (Maintenance)	२२
३.५ लघु उद्यम प्रयोगका केही उदाहरणहरू (Examples of Micro Enterprise Applications)	२३
परिच्छेद ४ : सोलार वाटर हिटर (Solar Water Heater)	२४
४.१ परिचय (Introduction)	२४
४.२ सोलार हिटरका प्रकारहरू (Varieties of solar water heater)	२६

परिच्छेद १ : सौर्य ऊर्जा (Solar Energy)

१.१ परिचय (Introduction)

सूर्य शक्तिको अनन्त स्रोत हो, जुन हाम्रो ग्रह पृथ्वीमा जीवनको स्थायित्वका लागि अत्यावश्यक छ। मानव लगायत सम्पूर्ण सजीवहरू आदिम कालदेखि अहिलेको नयाँ नयाँ प्रविधिहरूको विकास भएको आधुनिक युगसम्म सौर्य शक्तिमा नै निर्भर रहेका छन्। सूर्य बाट प्राप्तहरू सौर्य विकिरणलाई विभिन्न प्रकारका उपयोगी उर्जाहरूमा रूपान्तर गर्न सकिन्छ : जस्तै सोलार कलेक्टरहरूको माध्यमबाट पानी तताउनेदेखि तथा सौर्य फोटोभोल्टिक सेलको माध्यमबाट विद्युत शक्ति उत्पादन गर्न सकिन्छ।

पृथ्वीको गोलार्धमा रहेको नेपालको भौगोलिक अवस्थितिको कारण सौर्य उर्जामा धनी रहेको छ। यसो हुनुको कारण नेपाल ३० डिग्री उत्तरी अक्षांशमा रहेको तथा यसैका कारण वार्षिक ३०० भन्दा बढी दिनहरू पारिलो हुनु हो। त्यस्तै वार्षिक औसत सोलर इन्सोलेसन (Annual Average Solar Insolation) प्रतिदिन छ KW/h/m² रहनु पनि अर्को कारण हो। यस्तै खाले प्राकृतिक परिस्थितिले नै सौर्य उर्जा अन्य रूपान्तरण प्रविधिहरूको लागि पूर्ण रूपले अनुकूल देखिएको छ। समग्रमा नेपालमा सौर्य उर्जाको प्रयोग निम्न अनुसार उल्लेख गर्न सकिन्छ।



चित्र १ सौर्य उर्जा रूपान्तरणको वर्गिकरण

१.२ सौर्य विद्युत (Solar Electricity)

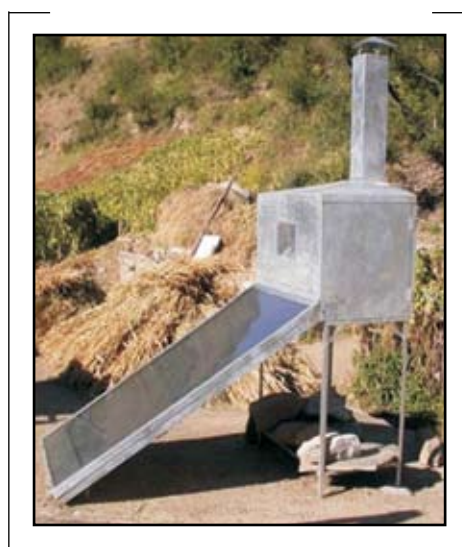
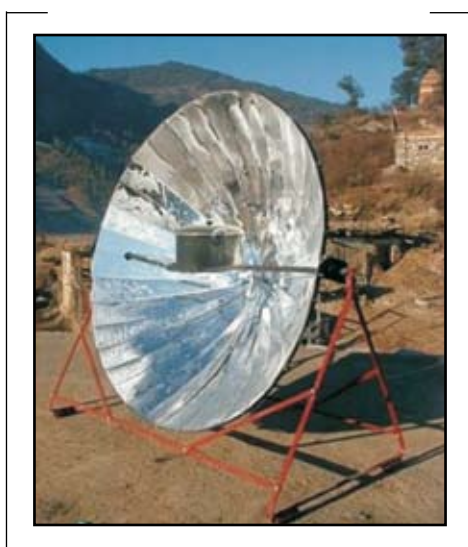
विद्युत उत्पादनको लागि सौर्य फोटोभोल्टिक (Solar Photo Voltaic) बढी प्रयोग हुने प्रविधिहरूमध्ये एक प्रमुख प्रविधि हो । यो प्रविधि नेपालमा व्यापक प्रयोग भइरहेको तथा हाल सम्ममा करीब १६ MW स्थापना भइसकेको छ ।

चित्र २ सौर्य फोटोभोल्टिक स्थापना



१.३ सोलार थर्मल (Solar Thermal)

कम तापक्रममा तताउनेदेखि विद्युत उत्पादन गर्न सम्मका लागि सोलार थर्मल प्रविधिहरू (Solar Thermal Technologies) को प्रयोग हुन्छ । नेपालमा बढीमात्रामा प्रयोगमा रहेका यस प्रकारका सोलार थर्मल प्रविधिहरूमा सोलार ड्रायर (Solar Dryer), कुकर (Cooker) तथा वाटर हिटिङ (Solar Heating) प्रमुख रहेका छन् ।



चित्र ३ सौर्य थर्मल प्रविधि - सोलार कुकर (दायाँ) तथा सोलार ड्रायर (बायाँ)



चित्र ४ Sanlúcar la Mayor, Spain मा रहेको ११ MW सोलार पावर टावर (source – solucar PS10)

परिच्छेद २ : सोलार ड्रायर (Solar Dryer)

२.१ परिचय (Introduction)

वाली थन्क्याउने समयमा विशेष गरी तरकारी तथा फलफूलहरु अतिरिक्त उत्पादनको रुपमा रहेका हुन्छन्, जसको कारण यिनीहरुको बजार मुल्य कम भएको हुन्छ। उत्पादन भएको केही समय भित्रै यस्ता उत्पादनहरुलाई बिक्री गर्न नसकिएको खण्डमा बिना उपभोग कुहिएर जाने सम्भावना बढी हुन्छ। यस्तै गरी कम तापक्रम भएका ठाँउहरुमा खानेकुराहरुको उत्पादन केही महिनामा सीमित छ। यसकारण खानेकुरा लामो समयसम्म सुरक्षित राख्ने काम अति महत्वपूर्ण हुन जान्छ। विभिन्न प्रकारका खाद्यान्न संरक्षणका प्रविधिहरुमध्ये सोलार ड्रायर (Solar Dryer) पनि एक हो।

खासमा भन्दा सुकाउनु भनेको पदार्थमा भएको पानीको मात्रालाई तताएर वाफको माध्यमबाट बाहिर निकाल्नु हो। साधारणतया खाद्यान्नमा रहेको वाफको चाप बाहिरी वातावरणको वाफको चापसँग बराबर रहेको अवस्थामा खाद्यवस्तुबाट निस्किसित हुने क्रम तथा वातावरणबाट खाद्यान्नमा सोसिने प्रक्रिया बराबर रहेको हुन्छ। यसरी सन्तुलनमा रहेको अवस्थालाई वाष्प सन्तुलन मात्रा भनिन्छ। यस्तो बेला ड्राइड प्रक्रिया ढिलो हुन जान्छ र वातावरणको उच्च सापेक्षिक आर्द्रताको कारण सुरक्षित भण्डारणमा कठिनाई हुन जान्छ। कुनै पनि ड्रायरको मुख्य उद्देश्य भनेको उत्पादनलाई बढी तापक्रम प्रदान गर्नु हो। जसले गर्दा, खाद्यान्नमा रहेको वाफको चाप बढ्न जान्छ र हावाको सापेक्षिक आर्द्रता घट्न जान्छ, जसकारण खाद्यान्नको आर्द्रता राख्ने क्षमता बढ्न गई कम आर्द्रता सन्तुलन सुनिश्चित हुन्छ।

सोलार ड्रायर प्रविधिमा सौर्य शक्तिलाई एकल वा पूरक स्रोतको रुपमा प्रयोग गरिन्छ। प्राकृतिक वा बाह्य तरिकाले हावाको प्रवाह संचालन गर्न सकिन्छ। पहिल्यै तताइएको हावालाई खाद्यान्नमा प्रवाह गराएर अथवा सोभै सूर्यको प्रकाशको सम्पर्कमा ल्याएर तथा यी दुवै विधिहरु एकै पटक पनि प्रयोग हुन सक्छन्। विभिन्न खाद्यान्नहरुलाई सुकाउनुपर्दा सौर्य श्रोतशक्ति एक भरपर्दो श्रोत हो। प्रायजसो खाद्यान्नहरु गर्मी महिनामा भित्र्याउने कारण यिनीहरु ७०० सेन्टीग्रेडभन्दा कमको तापक्रममा सुकाइने गरिन्छ जुन यो सौर्य प्रविधिबाट सहजै प्राप्त गर्न सकिन्छ।

खाद्यान्न सुकाउने कामको महत्व बढ्ने देखिन्छ। खास गरी नेपाल खानेकुराको संकटबाट गुजिरहेको छ। नेपालका ७५ जिल्लाहरु मध्ये ४१ जिल्लाहरुमा खाद्यान्न संकट रहेको छ। संयुक्त राष्ट्र संघका विशेषज्ञहरुले यो अवस्था अभै विग्रंदो अवस्थामा रहेको कुरा बारम्बार उल्लेख गर्दै आएका छन। खाद्यान्न कम भएका क्षेत्रहरुको लागि आपूर्तिको लागि वर्षेनि अन्तराष्ट्रिय तथा सरकारी बजेटको ठूलो मात्रामा खाद्यान्न राहत कोषको लागि वितरण गरिएको देखिन्छ। यति हुँदा हुँदै पनि खाद्यान्नको अभाव सन् २००९ को महा खडेरीपछिका हालका वर्षहरुमा तेव्वर रुपमा बढेको सरकारी आँकडा रहेको छ।

सानो लगानीमा स्वस्थकर तरिकाले खानेकुराको क्षमता तथा टिकाउदर उच्च राख्नको लागि सौर्य प्रविधिले सूर्यबाट प्राप्त शक्तिको उपयोग गर्दछ। प्रक्रियाको गुणस्तर हेरी यसरी सुकाइएको खाद्यान्न हरू कम्तीमा एक वर्ष वा सो भन्दा बढी समयसम्म सुरक्षित राख्न सकिन्छ। मानवीय उपभोग्य वस्तुहरुभन्दा बाहेकका अन्य वस्तुहरु पनि यसरी सुकाएर सुरक्षित राख्न सकिन्छ। जस्तै काठ, रबर आदि। यसबाट के कुरा स्पष्ट हुन्छ भने ड्राइड प्रविधि मानव जीवनमा अति महत्वपूर्ण रहेको छ।

ड्राइड पर्याप्त शक्ति आवश्यक हुने प्रक्रिया हो, शक्तिको अभाव धेरै देशहरुमा खास गरी विकासोन्मुख देशहरुमा एकप्रकारको चुनौतिको रुपमा रहेको छ। परम्परागत शक्ति पर्याप्त भएका क्षेत्रहरुमा खनिज इन्धन प्रयोगको दर घटाउनु पर्ने आवश्यकता रहेको छ। यसै सन्दर्भमा विश्वव्यापी उष्णताको बढ्दो प्रभाव पनि समस्याको रुपमा रहेको अवस्थामा हामीहरुको ध्यान खनीज इन्धनको प्रयोगलाई घटाउनको लागि वैकल्पिक तथा नवीकरणीय श्रोतको रुपमा प्रदुषण मुक्त शक्तिको श्रोत उपयोग गर्ने तर्फ जानु जरुरी छ।

२.२ सोलार ड्राइडका आधारभूत ज्ञानहरु (Fundamentals of Solar Drying)

ड्राइड भनेको वस्तुमा रहेको पानीको मात्रा अथवा चियोपना लाई वस्तुको सतहसम्म ल्याइपुर्याउने तथा त्यसपछि त्यहाँबाट पनि हटाउने भन्ने बुझ्नु पर्दछ। सौर्य शक्ति प्रयोग गरी खाद्यान्न सुकाउने प्रविधि मानवीय उद्विकास सँगसँगै भएको मानिन्छ। आजभोलि पनि सुकाउनु पर्ने वस्तुलाई विस्कृतको रुपमा घाममा सुकाउनु नै सन ड्राइड (Sun Drying) हो। यस्तो प्रकारको सुकाउने पद्धतिमा वातावरणीय आर्द्रताभन्दा वस्तुमा रहेको आर्द्रता कम भएर जाने हुन्छ। विभिन्न वेफाइदा जस्तै पानीमा भिजे, मिसावट हुनसक्ने, चरा तथा कीराहरुले नाश गर्न सक्ने, आदिका बावजुद यो चलन उल्लेख्य रुपमा प्रयोगमा भएको पाइन्छ। त्यसमाथि यस प्रकारले सुकाउँदा तापक्रम क्यबिच ड्रायर (Solar Dryer) मा भन्दा कम हुने कारण बढी समय लाग्ने हुन जान्छ। रंगमा परिवर्तन, Enzymic and Non-Enzymic प्रक्रियाको कारण वस्तुको अन्तिम गुणस्तरमा ह्रास आउने हुन्छ।



चित्र ५ खुला घाममा सुकाएको

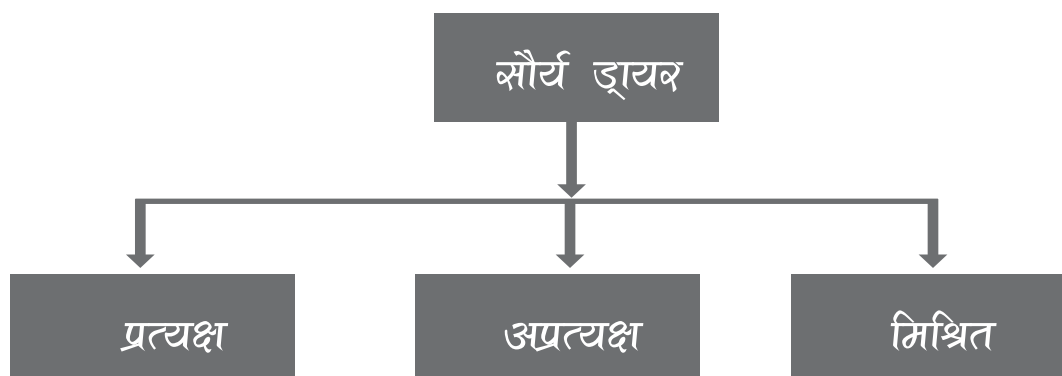
सोलार ड्रायर (Solar Dryer) को प्रयोग गर्दा वरिपरीको हावाको (ambient air) तापक्रम भन्दा उत्पादनको वरिपरीको हावाको तापक्रम माथि लगिन्छ । उपकरणको प्रकारको आधारमा प्रत्यक्ष सौर्य विकीरणको प्राप्तिको दरमा वृद्धि गरी उत्पादनको तापक्रम बढाउन सकिन्छ । घाममा सुकाउने परम्परागत प्रविधिमा भन्दा यसमा तापक्रम बढी हुने कारणले समयको बचत हुनाको साथै खाद्यान्नको गुणस्तरमा समेत सुधार आउँछ । जन्तुजनावर तथा अन्य कुनै कारणबाट हुनसक्ने कुनै पनि प्रकारका खतराहरुबाट क्यविच मचथभच ले खाद्यान्नको सुरक्षा गर्न सक्छ ।

Solar Dryer का फाइदाहरु :

- सुकाउनु पर्ने वस्तुहरु मचथप्लन च्याम्वर भित्र हुने कारण यिनीहरु शुद्ध रहन्छन् । यसप्रकार यसलाई स्वस्थ्यकर प्रविधि मान्न सकिन्छ ।
- घाममा सुकाउने प्रविधिभन्दा यसमा कम समय लाग्दछ ।
- खानेकुरा भिगा, अन्य कीटपतंग, वर्षा तथा धुलोबाट सुरक्षित रहन्छ ।
- रंग, स्वास्थ्य, तथा पोषणको दृष्टिकोणले खानेकुराको गुणस्तर उच्च रहन्छ ।

२.३ प्रकारहरु (Types of Solar Dryer)

सोलार ड्रायरका विभिन्न प्रकारहरुलाई सूर्यको ताप प्रसारणको आधारमा निम्नअनुसारका ३ प्रकारमा वर्गिकरण गर्न सकिन्छ ।



चित्र ६ सोलार ड्रायरका प्रकारहरु

२.३.१ प्रत्यक्ष विधि (Direct Mode)

प्रत्यक्ष विधि solar dryer मा, खाद्यान्नलाई सूर्यको विकिरणसँग प्रत्यक्ष सम्पर्कमा राखिन्छ । सूर्यको विकीरणयुक्त ताप पारदर्शी संरचनाबाट भित्र पार भएर जाँदा वस्तुहरु र तत्कालिन वातावरणले सोस्छ । यसप्रकार सूर्यको प्रकाश शक्ति ताप शक्तिमा रुपान्तरण भएर वस्तुको तापक्रम बढ्दै जाँदा त्यसभित्रको ओसिलोपना क्रमश कम हुँदै जान्छ । यसप्रकारको विधिबाट केही केजी देखि लिएर टन सम्मको खाद्यान्नलाई सुकाउन सकिन्छ ।



धातुको फ्रेममा प्रत्यक्ष ड्रायर (source – Sun Works Nepal)



काठको फ्रेममा प्रत्यक्ष ड्रायर (source – CRTN-Nepal)

चित्र ७ प्रत्यक्ष विधि (Direct Mode)

२.३.२ अप्रत्यक्ष विधि

यो विधिमा सुकाउनु पर्ने वस्तुमा सोझै ताप प्रयोग नगरीकन अन्य कुनै सोलार कलेक्टरहरू (Solar collector) को प्रयोग गरी तापलाई संकलन गरिन्छ । सूर्यको विकिरण यसमा प्रवेश गरीसकेपछि तापमा रूपान्तरण हुन्छ । तातो हावा अन्न राखिएको अपारदर्शी सतहमा बहन दिएपछि खाद्यान्न क्रमशः सुक्दै जान्छ । यसप्रकारको प्रविधि प्रयोग गर्दा उच्च तथा नियन्त्रण गर्ने सकिने खालको तापक्रम प्राप्त गर्न सकिने हुन्छ । यसको लागि हावा बहाउनको लागि पंखाको प्रयोग गरिएको हुन्छ । निर्माणमा रहेको जटिलता तथा अतिरिक्त खर्च यसको मुख्य वेफाइदा हो । Direct mode dryers मा जस्तो यसको पनि क्षमता केही केजीबाट टन सम्म रहेको हुन्छ ।



चित्र ८ अप्रत्यक्ष ड्रायर (Indirect dryer)

खाद्यान्न जस्तै जडीवुटीहरू तथा मसलाजन्य वस्तुहरू सोभै घाममा सुकाउँदा गुणस्तरमा कमी आउँदछ। उदाहरणका लागि सुकमेल। यस्ता वस्तुहरू सोभै घाममा सुकाउँदा त्यसको बोक्राहरू क्रमशः कमजोर हुँदै जाँदा क्लोरोफिल (Chlorophyll) नाश भएर जान्छ। पूर्ण र हरिया सुकमेलको बजार मूल्य राम्रो छ। यस्तो अवस्थामा अप्रत्यक्ष विधिबाट सुकाउनु उत्तम हुन्छ।

२.३.३ मिश्रित विधि (Mixed Mode)

कतिपय अवस्थामा माथि उल्लेख दुवै तरीकाहरू प्रयोगमा आउन सक्छन् र यस्तोलाई Mixed mode solar dryer भनेर बुझिन्छ। यसमा सोभै उत्पादनको तापक्रममा प्रत्यक्ष absorption भएका र अर्को सोलार absorber बाट तापक्रमको वृद्धि गराइन्छ। यसरी उच्च प्रभावकारिता प्राप्त गर्न सकिने भएतापनि अतिरिक्त लगानी आवश्यक पर्ने हुँदा अरु दुईवटा विधि जति लोकप्रिय छैन।



चित्र ९ मिश्रित विधि ड्रायर
(source – Sun Works Nepal)

२.३.४ अन्य बर्गीकरणहरू (Further Classifications)

माथि उल्लेख गरिएका प्रविधिहरू हावाको प्रवाहीकरण गर्ने तरीकाको आधारमा पनि थप वर्गीकरण गर्न सकिन्छ।

प्राकृतिक प्रसारण (Natural Convection)

यस प्रकारको ड्रायरमा, बाहिरी हावाको र ड्रायरभित्रको हावाको घनत्वमा फरक हुँदा, हावा यस प्रणाली हुँदै बहन्छ। भित्रको हावा तातिएको र बढि moisture भएको हुँदा बाहिरको भन्दा कम घनत्वको हुन्छ। पातलो हावा क्रमशः माथितिर धकेलिन्छ र नयाँ सफा हावालाई system भित्र प्रवेश गराउँछ। यसमा चापको अनुपात थोरै हुने कारण हावाको प्रवाहको दर पनि सानो नै हुन्छ। अनुसन्धानकर्ताहरूले के जनाउँछन् भने यस प्रकारको हावाको प्रवाहको गति ०.१ देखि ०.५ मी प्रति से. (Moyls, 1986; Ayensu and Asiedu-Bondzie, 1986) हुन्छ। हावाको तापक्रम सोलार रेडिएसनको आधारमा फरक हुने कारण हावाको बाह्य दरमा पनि एकनाश पाइदैन।

Dryer को बाहिरी भागमा अतिरिक्त सोलार चिमिनको प्रयोगले घनत्व फरक बढ्ने हुँदा, हावाको प्रवाहको दरलाई वृद्धि गर्न सकिन्छ। (Bassey et al., 1994)। तर सापेक्षिक रूपमा कम तथा हावाको प्रवाहमा हुने फरकपना नै यसको कमजोर पक्ष हो। परिणामस्वरूप, तुलनात्मक रूपमा यसको कार्यक्षमता Forced convection system भन्दा कम हुन्छ। तर अर्को तर्फ विद्युतीय पंखाको आवश्यक नपर्ने कारण थोरै लगानीबाट संचालन गर्न सकिने हुँदा विद्युतको पहुँच नभएको ठाउँहरूमा बढी उपयोगी हुन सक्छ।

बाह्य प्रसारण (Forced Convection)

यस प्रकारको प्रविधिमा हावालाई Dryer बाट लैजान विद्युतीय पंखाको प्रयोग गरिन्छ। ३ मी प्रति सेकेण्डसम्मको उच्च हावाको गतिले विशेषतः समान सुक्ने दर भएको बेलामा खाद्यान्न सुक्ने दर सपाछ्छ। हावाको गतिलाई उच्चमात्र बनाउने नभएर यसलाई नियन्त्रण पनि गर्न सकिन्छ। विद्युतीय पंखाले हावाको प्रवाहमा आउनसक्ने अवरोधलाई नियन्त्रण गर्न सक्ने हुँदा अतिरिक्त वस्तुहरू पनि सुकाउन पनि सकिन्छ।

बढि लागत तथा सुचारु मुल्य र विद्युतको आवश्यकता यसको प्रमुख बेफाइदा हो । व्यवसायिक रुपमा प्रयोग गर्दा लगानी भन्दा बढी प्रतिफल प्राप्त हुने हुँदा सकेसम्म विद्युत प्रयोग गरी यसको कार्यक्षमता बृद्धि गर्न सकिन्छ । सारांशमा प्राकृतिक तथा वाह्य प्रसारणका फाइदा तथा बेफाइदाहरूलाई यसप्रकार उल्लेख गर्न सकिन्छ ।

तलिका १ प्राकृतिक तथा वाह्य प्रसारणका फाइदा तथा बेफाइदाहरू

सर्कुलेशनको प्रकार	फाइदा	बेफाइदा
प्राकृतिक प्रसारण	<ul style="list-style-type: none"> ● कम मुल्य पर्ने ● साधारण ● विद्युत आवश्यक नपर्ने 	<ul style="list-style-type: none"> ● यसमा कम अथवा नियन्त्रण असम्भव । ● हावाको प्रसारणको दरमा विविधता ● Non-Uniform Heating
बाह्य प्रसारण	<ul style="list-style-type: none"> ● नियन्त्रण गर्न सकिने । ● ग्लषयक जम्बतल्लन 	<ul style="list-style-type: none"> ● अलि बढी जटिल हुने । ● विद्युत आवश्यक पर्ने ● महंगो

पुरक उर्जा (Supplementary Energy)

ड्रायरले एक्लो उर्जाको श्रोतको रुपमा, सौर्य रेडिएसन प्रयोग गर्दा दैनिक बढीमा ८ घण्टा सम्म काम गर्न सक्छ भन्ने विश्वास लिइएको छ । यसको अर्थ बाँकी रहेको समयमा ड्राइडको काम हुँदैन । आंशिक रुपमा सुकेको अन्नले पर्यावरणीय आद्रताको मात्रालाई पुनः सोस्न सक्छ । यस्तो हुँदा अन्न पुर्ण रुपमा सुक्न नपाएर विग्रन सक्ने संभावना बढी रहन सक्छ । कतिपय अवस्थाहरूमा अनियमित स्वीकार गर्न सकिन्छ भने व्यवसायिक रुपमा नियमित ड्राइड आवश्यक रहन्छ । अनिश्चित मौसम तथा अन्य प्रतिकूलताहरूका कारणले गर्दा सुकाई प्रक्रियालाई उच्च बनाउन र खाद्यान्न विग्रनबाट जोगाउनको लागि पुरक उर्जाको आवश्यक पर्न जान्छ । कुनै ड्रायरहरूमा सौर्य उर्जा कलेक्टरहरूको प्रयोग गरी सुकाउने माध्यम (हावा अथवा पानी)लाई अगाडिनै केही मात्रामा तताएर आवश्यक तापक्रममा ल्याउने गरिन्छ ।

थर्मल स्टोरेज (Thermal Storage)

नियमित ड्राइडको आवश्यकता तथा अनियमित मौसमको कारण देखिनसक्ने कमजोरीहरूलाई Solar drying system मा थर्मल स्टोरेज प्रयोग गरी कम गर्न सकिन्छ । यस्ता थुप्रै सिस्टमहरू निर्माण भइसकेका छन् (Carnegie, 1991; Read et al., 1974) । तापलाई स्टोर गर्न प्रायः ढुंगा तथा पानीको प्रयोग गरिन्छ । सानो र मझौला ड्रायरहरूमा थर्मल स्टोरेजको प्रयोग गर्नु अलि बढी महंगो हुन जाने तर ठूलो परिमाणको लागि अबै अध्ययन गर्न जरुरी रहेको छ ।

२.४ सम्पूर्ण प्रणालीको ड्राइड क्षमता (Overall System Drying Efficiency)

दुई वा सो भन्दा बढी सौर्य ड्राइड सिस्टमहरूको समान प्रकारको अवस्थामा तुलना गरी Efficiency परीक्षण उपयोगी हुन्छ । यो Efficiency परीक्षणले, अन्नबाट हटाइएको आर्द्रताको मात्रालाई बाष्पिकरणको लागि आवश्यक उर्जा तथा जम्मा प्रयोग भएको उर्जा (solar + supplementary) सँग तुलना गर्दछ । गणितीय रुपमा निम्न समीकरणद्वारा यो अनुपात हिसाव गरी निकाल्न सकिन्छ ।

$$h_d = \frac{W_m L}{I_d A_d + E} \dots \dots \dots \text{equation(1)}$$

जहाँ,

η_d = जम्मा ड्राइङ्ग क्षमता (Overall drying efficiency)

I_d = सौर्य विकीरणको प्रवाहीकरण (Solar radiation incident on solar dryer and/or solar collector)

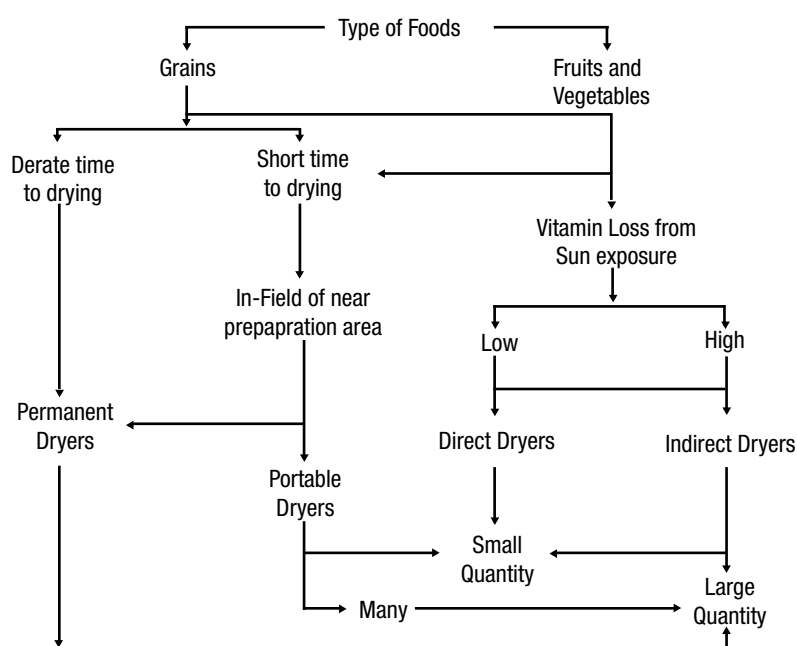
A_d = ड्रायरको सतहको क्षेत्रफल (Ground surface area of dryer and/or solar collector area)

E = पुरक उर्जा (Supplementary energy)

W_m = वाफको पिण्ड (mass of moisture)

L = वाष्पिकरण भएको पानीको ताप (heat of vapourisation of water)

२.५ ड्रायर छनौट गर्दा ध्यान दिनु पर्ने कुराहरू (Factors to Considered in Dryer Selection)



सारांशमा भन्दा ड्रायर छनौट गर्दा ध्यान दिनु पर्ने कुराहरू निम्न अनुसार उल्लेख गर्न सकिन्छ ।

- १ खाद्यान्नको प्रकार तथा यसको सुक्न आवश्यक पर्ने समय
- २ खाद्यान्न सुक्न आवश्यक पर्ने तापक्रम
- ३ खाद्यान्नको परिमाण
- ४ ...

२.६ ड्रायरको प्रयोग (Using a Solar dryer)

यस खण्डमा सोलार ड्रायरको उचित प्रयोग, जसमा सुकाउनु पूर्वका कुराहरु, लोड, अनलोड तथा मर्मत सम्भारका तरीकाहरु उल्लेख गरिएको छ ।

२.६.१ प्री ड्राइङ्ग (Pre-Drying)

कुनै पनि उत्पादनलाई सुकाउनु पूर्व, उच्च प्रतिफल दिन सक्ने उचित तरीकाहरु प्रयोगमा ल्याउनु पर्ने हुन्छ ।

कच्चा पदार्थको छनौट (Selection of Raw material)

- पूर्ण रुपले पाकेको अथवा पूर्ण विकसित अन्न, फलफूल तथा तरकारीहरु प्रयोग गर्नु पर्छ ।
- तरकारी तथा फलफूलको छनौट एक एक गरी गर्नु पर्छ ।
- कृहिएको तथा विग्रिएको फलफूल तथा तरकारीहरु प्रयोग गर्नु हुँदैन ।
- निम्नस्तरका फलफूल तथा तरकारी सुकाउँदैमा त्यसको गुणस्तर सुधार हुन सक्दैन ।

सफा गर्ने/पखाल्ने (Washing)

- फलफूल तथा तरकारीहरु समात्नु पूर्व प्रयोग आउनेमा सबै सतहलाई पूर्ण रुपमा सफा गर्नु पर्छ ।
- कुनै प्रकारका परजीवीहरु अथवा सुक्ष्म जीवाणुहरु नभएको पानीले, सुकाउनु पर्ने फलफूल तथा तरकारीहरु पखाल्नु पर्दछ । यसरी पखाल्ने काम गर्दा हातमा सफा पञ्जा लगाउनु उत्तम मानिन्छ ।
- सफा गर्ने क्रममा बोक्रामा असर पार्नु हुँदैन । यदि त्यस्तो हुन गयो भने, भित्रको गुदीमा फोहर मिसावट हुन सक्छ ।
- धोएर सफा गरेको फलफूल तथा तरकारीहरुलाई सफा सतह अथवा बाल्टीनमा राखेर बफाउने ठाउँमा लानु पर्छ ।

बफाउने (Blanching)

सुकाउनु पूर्व सबै प्रकारका तरकारीहरुलाई enzyme को क्रियाकलाप रोक्न बफाउनु आवश्यक हुन्छ । तर फलफूल बफाउनु ऐच्छिक हो । सुक्दाखेरी एक अर्कासँग टाँसिनबाट जोगिने र पौष्टिक तत्व नहराउने भएकाले, पानीको बाफमा बफाउन सिफारिस गरिन्छ । enzyme हरू पूर्णरुपमा निष्कृत्य नहुने र सुकेका तरकारीहरु भण्डारण गर्दा कुहिन सक्ने भएको हुँदा, कम बफाउने कार्य सिफारिस गरिदैन ।

तरीका (Procedure)

- तरकारीहरु बफाउन स्टीमरको प्रयोग गर्न सकिन्छ । स्टीमरमा ढाकेर पाक्न लाग्ने समयको आधा समय बफाएपछि तरकारीको सबै भागमा वाफ पुगे नपुगेको कुरा पक्का गर्नुपर्छ ।
- राम्रोसँग बाफिएको तरकारी तथा अन्य पदार्थहरुको बीच भाग भुकेको वा नरम हुनु पर्दछ ।
- यसरी बफाएपछि तरकारीलाई स्टीमरबाट भिकेर सफा पेपर टावेल अथवा सफा कपडामा राखी त्यसमा रहेको ओसिलो आर्दतालाई निस्कासन हुन दिनु पर्दछ । अब यस पछि ड्राइड ट्रे मा राख्नुभन्दा पहिले केही समय ढाकेरा राख्नु पर्दछ ।



चित्र ११ बफाउने

छोडाउने, बोक्रा ताछ्ने (Peeling)

- छोडाउने काम गर्दा स्वास्थ्य तथा सरसफाइमा ध्यान दिनु पर्दछ ।
- कच्चा पदार्थहरु सफा गर्ने ठाँउमा यो काम गर्नु हुँदैन ।
- फलफूल तथा तरकारीहरु छोडाउनु भन्दा अघि त्यो ठाउँ राम्रोसँग सफा गर्नुपर्छ ।
- खुर्कने, चक्कु, छुरा तथा अन्य औजारहरु सफा गरी प्रयोग गर्नुपर्छ ।
- कामदारले आफ्नो हात कुनै प्रकारको बासना नआउने खालको सावुन प्रयोग गरी आफ्नो हात सफा पानीले धुनु आवश्यक हुन्छ ।
- ताछ्ने काम गर्दा सफा, धारिलो तथा खिया नलागेको स्टीलको चक्कु वा छुरी प्रयोग गर्नुपर्छ ।
- यसरी ताछ्दा थोरै मात्रामा गुदी जाने गरी काम गर्नु पर्छन ।
- हटाइएको बोक्रा तथा बीउहरुले भिँगा तथा अन्य किराहरुलाई आकर्षण गर्ने हुँदा तुरुन्तै सुरक्षित स्थानमा फाल्नु पर्दछ ।
- बोक्राहरु जनावरहरुलाई खाद्यान्न अथवा सोतरको रुपमा प्रयोग गर्न पनि सकिन्छ । यदि वैकल्पिक प्रयोग नभएमा गाड्न पनि सकिन्छ ।

काट्ने तथा चाना पार्ने (Cutting and slicing)

- फलफूलको चाना कत्तिको ठूलो वा सानो बनाउने भन्ने कुरा त्यो फलफूलको प्रकारमा निर्भर गर्दछ ।
- ठूलो चाना/टुक्राहरु सुक्न सानो चाना भन्दा बढी समय लाग्दछ ।
- अति सानो चानाहरु बनाइयो भने , ट्रेमा टासिँएर उप्काउन गाह्रो हुन्छ ।
- ठूलो टुक्राहरु पुर्ण रुपले नसुक्न पनि सक्दछन् । जसको कारण प्याकिङ्ग गरिसकेपछि विग्रिने खतरा हुन्छ ।
- ठूलो सानो आकारका पिसहरु भएको प्याकेट देख्दा पनि नसुहाउने हुन्छ ।
- प्रयोग गर्नुभन्दा पहिले काट्ने औजारहरु तथा काटिने सतह राम्रोसँग सफा गर्नु आवश्यक हुन्छ ।
- काटेको टुक्राहरु राम्रो सफा गरी पखालीएको भाँडाहरुमा राख्नु पर्दछ ।
- ट्रेहरु सफा गरी प्रयोग गर्नुपर्छ ।

ट्रे मा लोड गर्ने (Tray loading)

- ट्रेमा लागेको कुनै पनि मिसावट तथा टुक्राहरु सफा गरी हटाउनु पर्दछ ।
- टुक्रा पारीसकेपछि भन्दा टुक्रा पार्दा पादै ट्रे लोड गर्नु राम्रो हुन्छ । यसो गर्दा चानाहरु आपसमा टासिने समस्या कम हुन्छ ।
- चानाहरु एक आपसमा नजोडिने गरी ट्रेमा लोड गर्नु पर्दछ ।
- भिँगाहरुबाट बचाउनको लागि छिट्टै र लगातार रुपमा लोड गर्नु आवश्यक हुन्छ ।

ड्रायरमा लोड गर्ने (Dryer loading)

- ड्रायरलाई दिनभरी घामलाग्ने ठाँउमा राख्नु पर्दछ । खास गरी दक्षिणी मोहडामा फर्काएर राख्नु उत्तम मानिन्छ ।
- हावा चल्ने ठाँउमा हो भने हावा चल्ने दिशाको उल्टो तर्फ ड्राइङ्ग क्याबिनेट राख्दा, यसको चिस्यानको प्रभाव पनि कम हुन्छ भने धुलो मैलो मिसिने खतरा पनि कम हुन्छ ।
- लोड गर्नु भन्दा पहिले ड्राइङ्ग क्याबिनेट राम्रोसँग भित्र बाहिर सफा गर्नु पर्दछ तथा लोड गरिसके पछि हलुका चिसो तथा सफा कपडाले छोपेर राख्नु पर्दछ ।
- ढाक्न प्रयोग गरिने प्लाष्टिकलाई सफा हुनु पर्दछ किनकी फोहर प्लाष्टिकले ड्राइङ्ग क्षमता कम भई समय बढी लाग्छ ।
- प्रत्येक ट्रे लोड गरिसके पछि क्याबिनेटको ढोका बन्द गर्नु पर्दछ । अर्को पटक प्रयोग गर्नु भन्दा अघि यसलाई खुला राख्नु हुँदैन ।



चित्र ११ पाकेको रातो खुर्सानी सोलार ड्रायरमा सुकाएको (श्रोत RIDS Nepal)

सुकाउने (Drying)

मौसमी अवस्था तथा फलफुल र तरकारीमा रहेको पानीको मात्राको आधारमा सुकाउने समयमा विभिन्नता हुन्छ। कुनै पनि पदार्थलाई सुक्न लाग्ने समय, सुकाउनु अगाडिको तौल, सुकिसकेपछिको तौल तलको तालिकामा देखाइएको छ।

तालिका २ प्रत्यक्ष सुकाउँदा लाग्ने समय तथा तौल (श्रोत CRTN)

क्र.सं.	नमूना	सुकाउनु, अधिको तौल	सुकिसके पछिको तौल	सुकाउन लाग्ने समय
१	आलु	१००० ग्राम	१४० ग्राम	७-८ घण्टा
२	मूला	१००० ग्राम	१०० ग्राम	९-१० घण्टा
३	गोलभेडा	१००० ग्राम	१०० ग्राम	७-८ घण्टा
४	भान्टा	१००० ग्राम	१७० ग्राम	६-८ घण्टा
५	काउली	१००० ग्राम	१७० ग्राम	८-१० घण्टा
६	बन्दा	१००० ग्राम	७० ग्राम	७-८ घण्टा
७	गाजर	१००० ग्राम	१२० ग्राम	७-८ घण्टा
८	लसुन	१००० ग्राम	१८० ग्राम	६-७ घण्टा
९	अदुवा	१००० ग्राम	१३० ग्राम	७-८ घण्टा
१०	तोरीको साग	१००० ग्राम	५० ग्राम	४-६ घण्टा
११	करेला	१००० ग्राम	१२० ग्राम	६-७ घण्टा
१२	प्याज	१००० ग्राम	१२० ग्राम	६-७ घण्टा
१३	मस्योरा	१००० ग्राम	४२० ग्राम	९-१० घण्टा
१४	स्याउ	१००० ग्राम	१३० ग्राम	९-१० घण्टा
१५	केरा	१००० ग्राम	१४० ग्राम	७-८ घण्टा

२.६.२ ड्रायर लाई अनलोड गर्ने (Unloading the dryer)

- जब फलफुल तथा तरकारीहरु सुक्छन्, सकेसम्म छिटो गरी ड्रायरलाई खाली गर्नु आवश्यक हुन्छ। यो काम शीतको कारण विहानै गर्नु हुँदैन। घाम लागेको मध्यदिनमा गर्नु राम्रो हुन्छ।
- ड्रायरबाट ट्रेहरु भिकेर सुकेको फलफुल तथा तरकारीलाई सफा ठाँउमा जम्मा गर्नु पर्दछ।
- कामदारको हात राम्रोसँग सफा गरिएको तथा सफा पञ्जाहरु लगाएको हुनुपर्दछ।
- एकैछिनका लागि सुकेको अन्न, फलफुल तथा तरकारी सफा बास्केटमा राख्नु पर्दछ। केही ओसिलो भएपछि त्यसलाई प्याक गर्नुपर्दछ।

२.६.३ प्याकेट तथा भण्डार गर्ने (Packaging and storing)

- ड्रायर तथा ट्रे खाली गर्नासाथ केही समय ओसिलो हुन दिने, त्यसपछि यसलाई प्याक गर्नु आवश्यक हुन्छ। किनभने, बाहिर राख्दा फेरी पर्यावरणीय चिसोपना, सुकेको चाना तथा टुक्राहरुले सोस्न सक्दछन् साथै कीटपतंगहरु पनि लाग्न सक्छ।
- आर्द्रता, प्रकाश तथा हावा नगालेको बेलामा उपयुक्त तरीकाले भण्डारण गर्नु पर्दछ।
- खैरो रंगको कागजको भोलाहरु प्रयोग गरी फोल्ड गर्ने तथा यसलाई प्लाष्टिक व्यागमा राख्दा उत्तम मानिन्छ।
- ठूलो मात्राको मिसावटबाट बच्न सानो सानो परिमाणमा प्याक गर्नुपर्दछ।
- तरकारीलाई विग्रन नदिनको लागि होसियारीपूर्वक प्याक गर्नु पर्दछ।
- प्याक गर्दा सिसाको भाँडाहरु उत्तम हुन्छ, तर यिनीहरुलाई अध्यारो ठाँउमा राख्नु पर्दछ।
- प्याक गरिसकेपछि सबै जानकारीहरु जस्तै उत्पादनको नाम, तौल तथा प्याक गरिएको मिति र समय उल्लेख गरी प्रत्येक भाँडाहरुमा लेबल लगाउनु पर्दछ।
- सुकिसकेको उत्पादनलाई किरा र कीटबाट सुरक्षित हुने तथा सुक्का, सफा ठाँउमा भण्डार गरी राख्नु पर्दछ।

२.६.४ स्थाहार तथा संभार (Maintenance)

- नरम तथा सफा कपडाको टुक्राले नकोतरिने गरी dryer को ग्लासलाई सफा गर्नु आवश्यक हुन्छ।
- ड्रायर ट्रेहरु सफा गरी ओभानो बनाउनु पर्दछ।
- प्रयोग नगरिएको बेला ड्रायरलाई छोपेर राख्नु पर्दछ।
- वर्षा याममा यी सबै कुराहरु पानी नपर्ने तथा ओभानो ठाँउमा राख्नु पर्दछ।

२.७ लघु उद्यम प्रयोगका केही उदाहरणहरू (Examples of Micro Enterprise Applications)



धुलो बनाउन सुकाइएको अदुवा



क्याण्डीको लागि लप्सी सुकाइएको लप्सी



सौर्य क्लिन वा ओभन (Solar Kiln),
source – wood magazine



सुकाइएको चिया, source- neverending-
food.org



सुकाइएको माछा, source-flickrriver.com



सुकाइएको चप्प(कयष्मि फोहोर, source
– city of fayetteville

परिच्छेद ३ : सौर्य कुकर (Solar Cookers)

३.१ परिचय (Introduction)

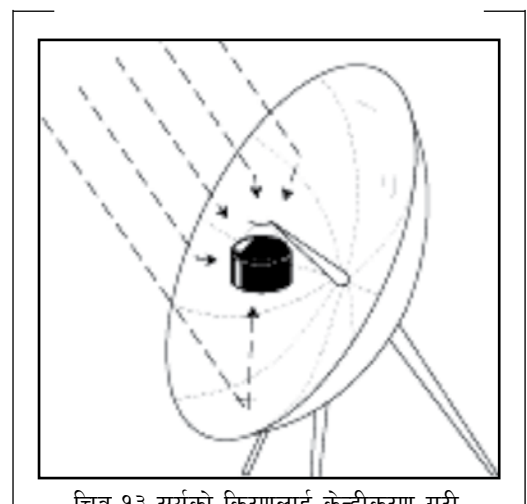
विगतमा नेपाल वनसम्पदामा धनी राज्यको रूपमा लिइएको थियो तर वर्तमानमा नेपालमा वनजंगलको जम्मा क्षेत्रफल करीव २९% मा सिमित रहेको छ। नेपालको करीव ८७% घरायसी उर्जाको रूपमा दाउरा नै प्रयोगमा ल्याइन्छ। यो दुर्गम क्षेत्रमा करिव १००% छ। नेपालमा हाल दाउराको प्रयोग खाना पकाउने देखि लिएर आगो ताप्ने तथा तताउने काममा हुँदै आएको छ।

नेपालमा उर्जाका रूपमा प्रयोग गरिने दाउराको अभाव दिन प्रतिदिन बढ्दै गएको छ जसकारण दाउरा खोज्न लाग्ने समय पनि बढ्दो छ। नेपालको वर्तमान अवस्था हेर्दा दाउरा खोज्ने काममा खासगरी महिला तथा केटाकेटीहरू बढी समय बिताउने गर्दछन्। औसतमा दिनको ४ देखि ६ घण्टा सम्म उनीहरूको समय दाउरा खोज्नमा नै जान्छ। यस्तो घरायसी उर्जाको अभाव बढ्दै गएको प्रतिकुल अवस्थामा सोलार कुकरको प्रयोग एउटा वैकल्पिक उपाय बन्न सक्दछ।

भारत, चिन जस्ता विकसित देशहरू तथा अन्य विकासोन्मुख देशहरूमा सफलतापूर्वक प्रवर्धन गरिएको सोलार कुकर एउटा विकसित प्रविधि हो। चिन तथा भारत मा यस्ता सोलार कुकरहरू हजारौंको संख्यामा प्रयोगमा आइरहेका छन्।

धेरै प्रकारका सोलार कुकरहरू प्रयोगमा आएका छन्। ६५ भन्दा बढी प्रमुख प्रकारहरू तथा यीनीहरूमा सयौं विविधताहरू देख्न सकिन्छ। सोलार कुकरका प्रमुख सिद्धान्तहरू यस प्रकार रहेको छन्।

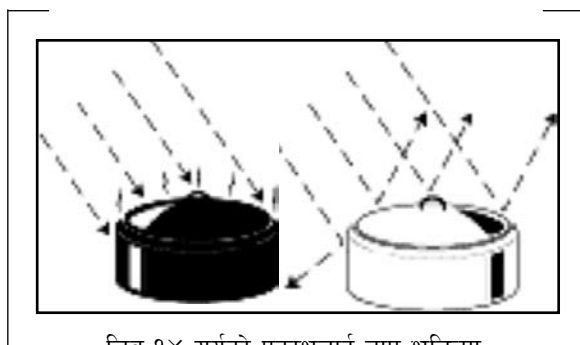
सौर्य प्रकाशको केन्द्रीकरण : परावर्तनीय गुण भएका ऐना तथा यस्तै धातु जन्य उपकरणहरूले सूर्यको ताप र प्रकाशलाई एकत्रीत गरी, सौर्य उर्जालाई सानो पकाउने क्षेत्रफलमा घनिभूत रूपमा केन्द्रीत गरी प्रयोग गरिन्छ।



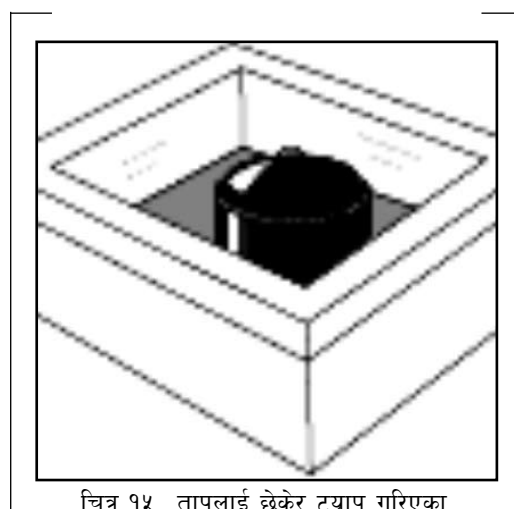
चित्र १३ सूर्यको किरणलाई केन्द्रीकरण गरी बढी तापक्रम सिर्जना गरिएको (source – Solar cookers International)

प्रकाशलाई ताप शक्तिमा रूपान्तरण : सोलार कुकरको भित्री भागमा कालो लेपन गर्दा, यसको प्रकाशलाई तापमा बदल्ने क्षमता बढ्छ । कालो तावाले लगभग सबै सूर्यको प्रकाशलाई तापमा बदल्छ, जसकारण कुकरको प्रभावकारितामा सुधार आउँछ । अझै, तावाले जति राम्रो ताप प्रवाह गर्छ, त्यति राम्रो यखभल ले काम गर्छ ।

तापलाई छेक्नु, ट्याप गर्नु : कुकर भित्रको हावा र कुकर बाहिरको हावालाई छुट्टाउदा महत्वपूर्ण भिन्नता आउँछ । पारदर्शक सामग्रीहरूको प्रयोग गरी प्रकाशलाई एकपटक कुनै भाँडो भित्र पारेपछि प्रकाश सोसिन्छ र तापमा परिणत हुन्छ, त्यसले पुनः बाहिर जान दिदैन । यसकारण जाडोका दिनहरूमा पनि उपकरण भित्रको तापक्रम गर्मीको दिनहरूमा जस्तै उच्च बनाउन सकिन्छ ।



चित्र १४ सूर्यको प्रकाशलाई ताप शक्तिमा रूपान्तरण (source – Solar cookers International)



चित्र १५ तापलाई छेक्ने ट्याप गरिएका (source – Solar Cookers International)

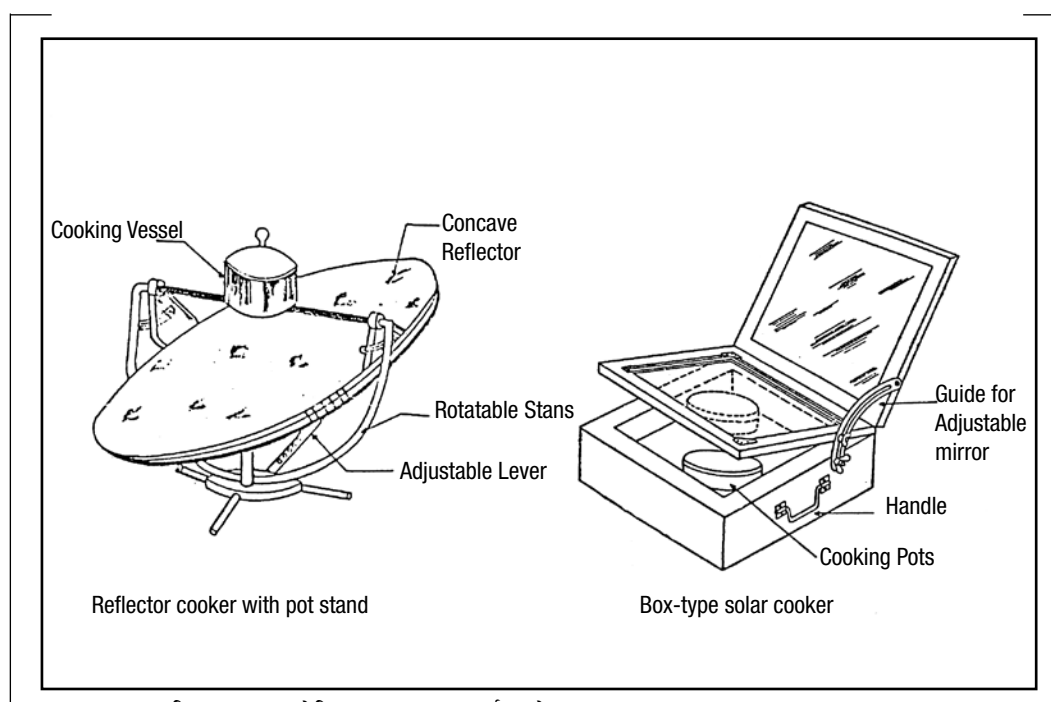
३.२ सोलार कुकरको आधारभूत ज्ञानहरू (Fundaments of solar cooker)

जति धेरै प्रकारका सोलार कुकरहरू प्रयोगमा आएको भएपनि सोलार कुकरहरूको प्रमुख सिद्धान्त भनेको सूर्यको प्रकाशलाई तापशक्तिमा रूपान्तरण गर्नु हो । यसका प्रमुख सिद्धान्तहरू यस प्रकार छन् ।

- **सौर्य प्रकाशको केन्द्रीकरण :** परावर्तनीय गुण भएका ऐना वा धातु जf metalized film को प्रयोग गरि सूर्यको ताप र प्रकाशलाई एकत्रीत गरी, सौर्य उर्जालाई सानो पकाउने क्षेत्रफलमा घनिभूत रूपमा केन्द्रीत गरी प्रयोग गरिन्छ ।
- **प्रकाशलाई ताप शक्तिमा रूपान्तरण :** कालो सतह भएको बस्तुहरूको परावर्तनीय क्षमता कमजोर हुन्छ । जसको कारण सतहमा परेका प्रकाश शक्ति पदार्थमा नै सोसिएको हुन्छ । यसरी सोसिएको प्रकाशलाई तापमा परिवर्तन गर्न सकिन्छ जसकारण कुकरको प्रभावकारिता बढ्छ ।
- **तापलाई ट्याप गर्नु :** कुकर भित्र रहेको हावालाई बाहिरको हावासँग छुट्ट्याउन महत्वपूर्ण हुन्छ । प्लाष्टिक तथा धातुहरूको प्रयोग गरी भित्रको तापलाई छेक्न सकिन्छ । यसकारण जाडोका दिनहरूमा पनि उपकरण भित्रको तापक्रम गर्मीको दिनहरूमा जस्तै उच्च बनाउन सकिन्छ ।

३.३ सोलार कुकरका प्रकारहरू (Types of Solar cooker)

सामान्यतया बक्स टाइप (Box type) तथा कन्सन्ट्रेशन टाइप (concentration type) गरी सोलार कुकरहरू दुई प्रकारमा वर्गीकरण गर्न सकिन्छ ।



चित्र १६ पाराबोलिक तथा बक्स टाइप सोलार कुकर (Source – Dr. R.J. Fuller)

त्यस्तै गरी ताप संचय गर्ने तथा बाफ निस्कासन गर्ने आधारमा पनि सोलार कुकरहरूलाई वर्गीकरण गर्न सकिन्छ ।

३.३.१ बक्स टाइप (Box Type)

बक्स टाइप (Box Type) सोलार कुकरमा, ताप पकाउने भाँडासम्म परिवहन हुने हुँदा खाना सोभै सोसिएको (adsorption), कन्डक्सन (conduction) र कन्भेन्सन (convection) पद्धतिद्वारा पाक्दछ ।

फाइदाहरू	बेफाइदाहरू
सोभै तथा प्रसारित विकरणको प्रयोग हुने ।	दिउसोको समयमा मात्र काम गर्न सकिने ।
एक पटकमा धेरै भाँडाहरूमा काम गर्न सकिने ।	खाना पाक्न लामो समय लाग्ने ।
हलुका तथा यता उता गर्न सकिने	खाना चलाउन गाह्रो हुने ।
चलाउन सजिलो	खाना सेकाउन तथा फ्राइ गर्न नसकिने
ट्याक गर्नु नपर्ने	
चलाइरहन नपर्ने	
लामो समयसम्म खाना तातो हुने ।	
निर्माण तथा मर्मत गर्न सजिलो	
तुलनात्मक रूपमा सस्तो	

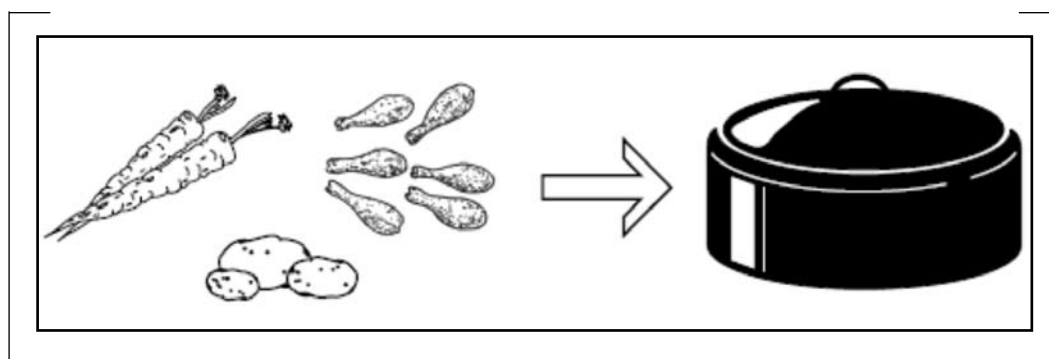
३.३.२ कन्सन्ट्रेशन टाइप (Concentrating type)

यस प्रकारको कुकरमा विकीरण भएको तापलाई सोभै सोसाएर (adsorption) काम गरिन्छ ।

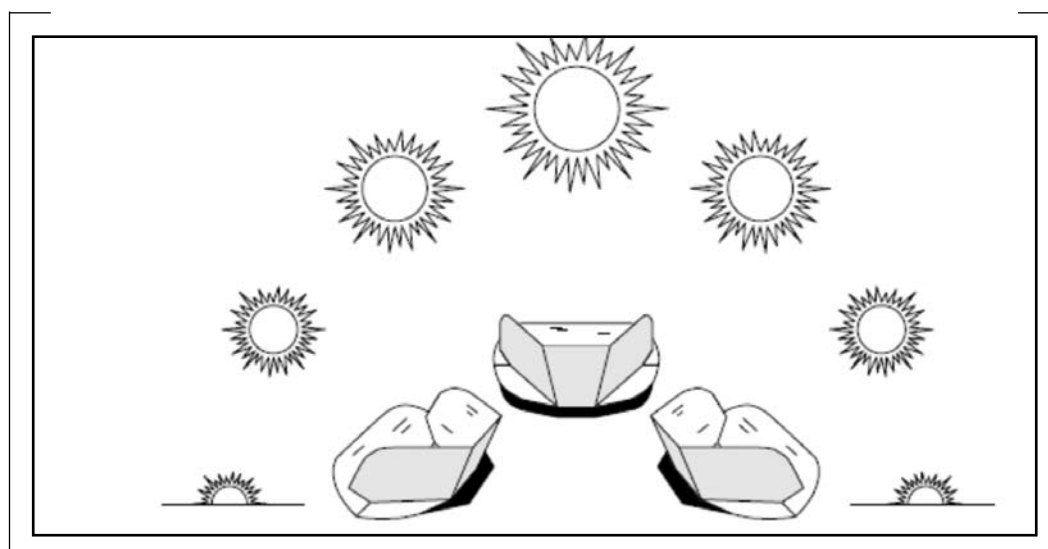
फाइदाहरू	बेफाइदाहरू
उच्च तापक्रम संभव छ ।	नियमित रूपमा स्थान परिवर्तन गर्नु पर्ने ।
खाना छिट्टै पाक्ने	प्रत्यक्ष विकीरणको मात्र प्रयोग हुने ।
तुलनात्मक रूपमा सस्तो	तापको नाश हुने संभावना
भर्साउन, फ्राइ तथा बोइल गर्न सकिने ।	प्रयोग गर्न असजिलो
	चोटपटक लाग्न सक्ने
	दिउसोको समयमा मात्र काम गर्न सकिने ।

३.४ सोलार कुकर प्रयोग गर्दा ध्यान दिनुपर्ने कुराहरू (Using solar cooker)

- पकाउनु पर्ने पदार्थहरूलाई पूर्णरूपले कस्सिएको विको लगाइ छोप्नु पर्छ ।

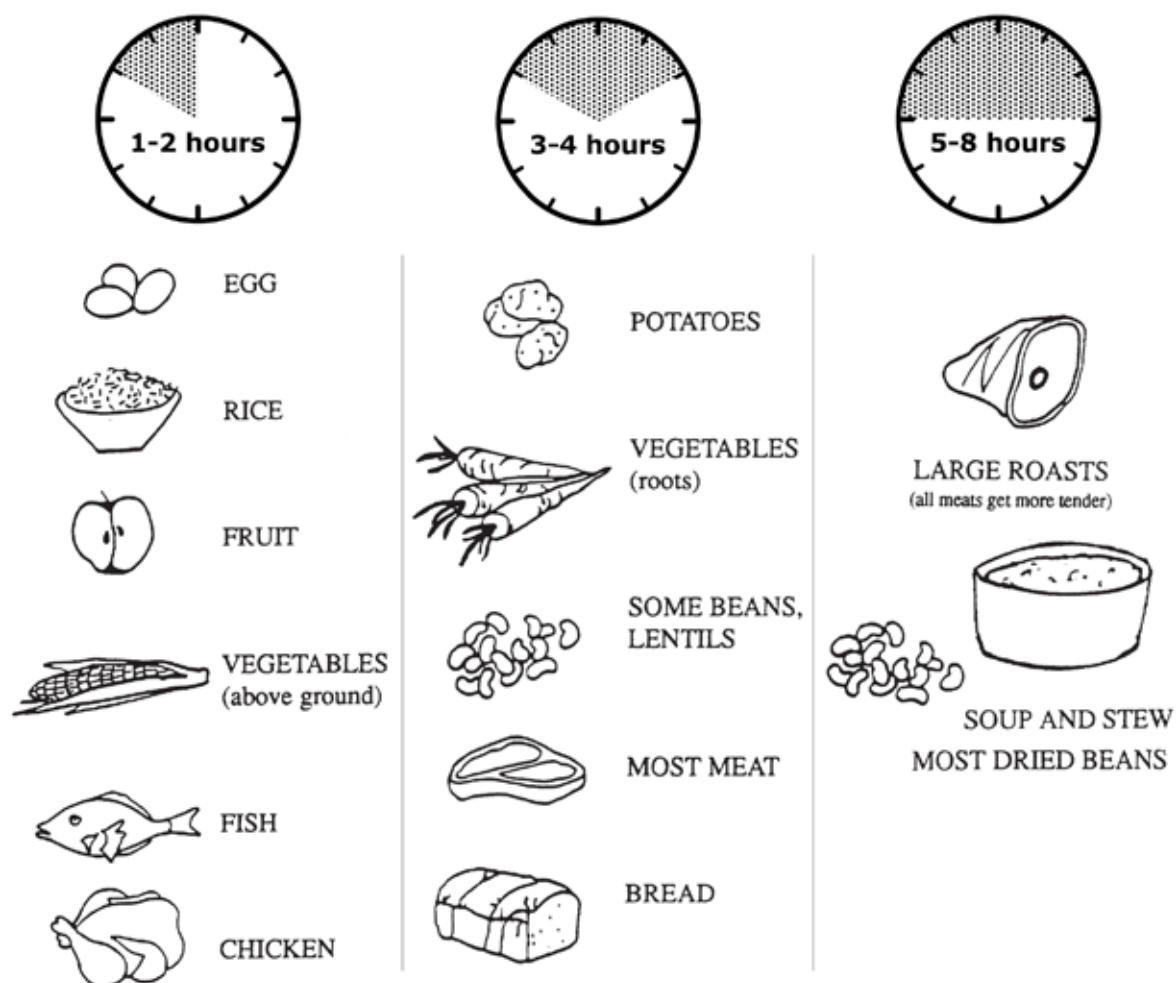


- कुकरलाई समतल मिलेको सतहमा राख्नु पर्छ । त्यस्तै यसलाई सोभै प्रकाश पर्ने स्थानमा राख्नु पर्दछ । राम्रो सँग खाना पाक्नको लागि प्रत्यक्ष, तथा निम्नित सूर्यको प्रकाश तथा ताप आवश्यक हुन्छ ।
- पकाउने भाँडाहरू सुरक्षित तरिकाले कुकरमा राख्नु पर्छ ।
- सूर्यको प्रत्यक्ष वा सोभै प्रकाश आउने दिशा तिर कुकरलाई तलको चित्रमा देखाएजस्तै गरी फर्काउनु आवश्यक हुन्छ । के कुरा जान्नु जरुरी हुन्छ भने एक पटक मिलाएको कुकरलाई ३ देखि ४ घण्टा सम्म चलाउनु पर्दैन । यदि ठूलो मात्रामा पकाउनु पर्ने छ भने मात्र यसलाई सूर्यको प्रकाश भए तिर मिलाउनु पर्दछ ।
- पकाउनु पर्ने खाना चलाउनु आवश्यक छैन । त्यसैले यसलाई पाक्ने समयसम्म छोडिदिए हुन्छ ।
- भाँडाबाट खानेकुरा निकाल्दा, होल्डर प्रयोग गर्नु पर्दछ । किनभने अत्यधिक तापक्रमले भाँडा तातेको हुन्छ । तुरुन्तै पस्किनु पर्ने खाना नभए पनि केही समय विको बन्द गरि राख्दा खानेकुरा तातो रहन्छ ।



चित्र १७ सोलार कुकरको दिशा स्थिति (source – Solar cookers International)













३.८.१ पकाउन लाग्ने समय विवरण (Cooking Chart)



चित्र १८ विभिन्न खाद्य वस्तुहरुको पाक लाग्ने समय (Source – Solar Cookers International)

3.8.2 खाना पाकन लाग्ने समयलाई प्रभाव पार्ने तत्वहरू (Factors determining cooking time)

तलको तालिकाले खाना पाकन लाग्ने समयको बारेमा जानकारी दिन्छ ।

	Faster cooking	Slower cooking
<i>Time of year and day:</i>		
<i>Amount of sun:</i>		
<i>Amount of wind:</i>		
<i>Thickness of pot:</i>		
<i>Amount and size of food:</i>		
<i>Amount of water:</i>		

तालिका ३ खाना पाकन लाग्ने समयलाई प्रभाव पार्ने तत्वहरू देखाएको तालिका (Source – Solar Cookers International)

3.8.3 मर्मत तथा सम्भार (Maintenance)

- कुकरको रिफ्लेक्टर (Reflector) बेला बेलमा नकोतरिने गरी सफा तथा नरम कपडाले सफा गर्नु पर्दछ ।
- Box type को प्रयोग नभएको अवस्थामा बन्द गरी र parabolic type को हकमा प्रयोग नभएको अवस्थामा उल्टो पारेर राख्नु पर्दछ ।
- वर्षायाममा छाँया पर्ने तथा ओभानो ठाँउमा राख्नु पर्दछ ।

३.५ लघु उद्यम प्रयोगका केही उदाहरणहरू (Examples of Micro Enterprise Applications)



सोलार कुकर प्रयोग गरी भात पकाएको



सोलार कुकरबाट रोटी तथा पाउरोटी पकाएको कयगचअभ - (storage skills)



चपाती अथवा सुख्खा रोटी पकाएको
source – engineering for change



सोलार कुकरहरू प्रयोग गरी रेस्टुराँहरू समेत संचालन गर्न सकिन्छ । source – solar cooking



सोलार स्टीम कुकर (source Vajra foundation Nepal)

परिच्छेद ४ : सोलार वाटर हिटर (Solar Water Heater)

४.१ परिचय (Introduction)

पानी तताउनको लागि प्रयोग गरिने उपकरणहरूमा सोलार वाटर हिटर बढी मात्रामा प्रयोगमा छन । प्रायोगिक वाटरहिटर हरु पानी तताउन, पौडी पोखरीको पानी तताउन, तथा बाथरूमको पानी तताउन प्रयोग गरिन्छ । कतिपय अवस्थाहरूमा औद्योगिक कामको लागि पनि सोलार वाटर हिटरहरूको प्रयोग हुन्छ ।



चित्र १९ Typical सोलार वाटर हिटर system

सामान्यतया, सोलार वाटर हिटरमा ३ वटा भागहरू हुन्छन ।

१. ताप संकलन सिस्टम (A heat collection system) :

ताप संकलन सिस्टमलाई कलेक्टर (collector) पनि भनिन्छ, जसले सोलार रेडिएसनलाई तापमा रूपान्तरण गर्दछ। यसमा ताप विस्तारै संवाहन भई पानी ताग्दछ। यस्तो हिटरमा चिसो पानी कलेक्टरको तल्लो भागबाट प्रदान गरिन्छ। जब पानी ताग्दै जान्छ, यो विस्तारै उपल्लो सतहमा जान्छ।

२. ताप संरक्षण गर्ने सिस्टम (A heat storage system)

कलेक्टर बाट प्राप्त भएको तातो पानी, तातो पानीको टैंकमा जम्मा हुन्छ। यसमा भएको तापलाई संरक्षण गर्नको लागि यो इन्सुलेटेड गरिन्छ। इन्सुलेशनको विभिन्न प्रकारहरु बजारमा उपलब्ध छन्। यी मध्ये केही प्रमुखमा rockwool, poly urethane foam आदि हुन्।

३. सहायक हिटिङ सिस्टम (An auxillary heating system)

बादल लागेको दिनमा सहायक हिटिङ सिस्टमको प्रयोग गरी, विद्युतीय वा अन्य उर्जाको श्रोतको माध्यमबाट पानी तताउन सकिन्छ। यस्तो विधि आवश्यक परेको बेला मात्र प्रयोग गरिन्छ।

खास गरी सोलार वाटर हिटरका २ प्रकारहरु पाइन्छ।

- प्यासिभ सिस्टम (Passive system) तथा
- एक्टिभ सिस्टम (Active system)

प्यासिभ सिस्टम (Passive system)

यस प्रकारको वाटर हिटरमा कुनै प्रकारको पम्प तथा फ्यानहरुको प्रयोग गरिएको हुँदैन। कलेक्टर ताप संचित हुने ठाँउको नजिकमा राखिएको हुन्छ। ताप प्रसारणका प्राकृतिक तरीकाहरु जस्तै संचालन, संवाहन तथा विकीरण जस्ता उपायहरु प्रयोगमा ल्याएर लोड सम्म ताप प्रसारण गर्न सकिन्छ। यिनीहरुमा Pump अथवा Fans नहुने हुँदा साधारण तथा कम मुल्य पर्ने हुन्छन्। यसको उदाहरणको रूपमा Thermosyphoning closed coupled of a passive solar water heater system लाई लिन सकिन्छ।

एक्टिभ सिस्टम (Active system)

यस प्रकारको हिटरमा शक्ति तथा उर्जालाई, सौर्य प्रकाश तथा ताप परेको स्थानभन्दा पर अर्को ठाँउमा संचित अथवा प्रयोग गरिन्छ। यसमा पम्प तथा फ्यानहरु तापलाई एकठाँउबाट अर्को ठाँउ सम्म प्रवाह गर्नको लागि प्रयोग गरिएका हुन्छन्। यसको उदाहरणमा solar pool heating system लिन सकिन्छ।

४.२ सोलार हिटरका प्रकारहरू (Varieties of solar water heater)



चित्र २० फ्याट प्लेट सोलार वाटर हिटर (Flat plate solar water heater)



चित्र २१ भ्याकुम ट्युब सोलार हिटर (Vacuum tube solar water heater)



नेपाल सरकार
विज्ञान, प्रविधि तथा वातावरण मन्त्रालय
वैकल्पिक उर्जा प्रवर्द्धन केन्द्र
राष्ट्रिय ग्रामीण तथा नविकरणीय उर्जा कार्यक्रम (NRREP)
खुमल्टार, ललितपुर, फोन: ०१ ५५३९३९०/९१, ५५४३०८८
फ्याक्स: ०१ ५५४२३९७, ईमेल: secm@aepec.gov.np
वेबसाइट: www.aepec.gov.np